Міжпланетавыя падарожжы

МЕНСК
1933
ННЛП
БССР
Д Н-ТВ

Я. І. ПЕРЭЛЬМАН

МІЖПЛАНЕТАВЫЯ ПАДАРОЖЖЫ

АСНОВЫ РАКЕТНАГА ЛЯТАННЯ І ЗОРКАПЛАВАННЯ

Пераклад з рускага сёмага выдання
Ф. Кудзіновіча

НКАП БССР
ДЗЯРЖАЎНАЕ НАВУКОВА-ТЭХНІЧНАЕ ВЫДАВЕЦТВА
МЕНСК—1933

Літправка *М. Кахановіч*
Карэктар *Лабус*
Тэх. рэд. *К. Фрыдман*
Здана ў друкарню 29-III—33 г.
Падпісана да друку 21-XI—33 г.
Набрана брыгадай ФЗВ
Адк. кар. друк. *Варатынская*

Заказ № 2193. 3000 экз. (9¾ арк.) Уп. Галоўлітбелу №Т 107.

Друкарня імя Сталіна

Прадмова аўтара.

Першае выданне гэтай кнігі, семнаццаць год назад, я суправаджаў наступнымі радкамі:

„Быў час, калі лічылася немагчымым пераплысці акіян. Цяперашняе ўсеагульнае перакананне ў недасяжнасці нябесных свяціл абгрунтавана па сутнасці не лепш, чым вера нашых продкаў у недасягальнасць антыподаў. Правільны шлях да вырашэння праблемы заатмасфернага лятання і міжпланетавых падарожжаў ужо намечаны,—к гонару рускай навукі, працамі нашага вучонага. Практычнае-ж вырашэнне гэтай грандыёзнай задачы можа ажыццявіцца ў зусім недалёкім будучым.

„Гэтай маленькай экскурсіяй у абсяг касмічнай фізікі аўтар, апроч простай задачы, імкнецца і да другой мэты: ён жадаў-бы да некаторай ступені рассеяць існуючую ў публіцы прадузятасць супроць нябеснай механікі і фізікі, як ведаў занадта адцягнутых, якія нібы-та не здольны задаволіць жывы розум. Навука, якая адкрывае магчымасць выбражэнню паспяхова супернічаць у палёце з фантазіяй самых дасціпных раманістаў, правяраць і выпраўляць іх смелыя замыслы, навука, якая паказвае шляхі ажыццяўлення найвялікшых мараў чалавецтва, павінна перастаць здавацца сухой і нуднай. Аўтар спадзяецца, што самыя простыя звесткі з гэтага абсяга ведаў, якія рассеяны ў гэтай кнізе, зацікавяць дапытлівага чытача да вывучэння механікі і фізікі сусветнай і ўзбудзяць жаданне бліжэй пазнаёміцца з фундаментам вялічнай навукі аб небе.

„Чытанне гэтай кнігі не патрабуе ніякіх спецыяльных ведаў. Матэрыял, які прызначаны для больш падрыхтаваных чытачоў, аднесены ў аддзел дадаткаў“.

За 17 год, якія прайшлі з часу выхада першага выдання, прадмет кнігі перажыў бурную эвалюцыю: з праблемы чыста тэарэтычнай заатмасфернае лятанне ператварнулася ў чарговую задачу тэхнікі, якая прарабіла ўжо першы этап свайго практычнага ажыццяўлення. У прыватнасці ў СССР, пры Бюро паветранай тэхнікі Асоавіяхіма, з канца 1931 года існуе самастойная секцыя для даследвання пытанняў рэактыўнага руху, і ў той момант, калі пішуцца гэтыя радкі, ставіцца на абмеркаванне пытанне аб арганізацыі ў нас Дзяржаўнага інстытута ракетнага лятання.

Такія дзіўныя змены адбіліся, зразумела, на змесце кнігі, якая ўжо ў папярэднім, шостым выданні, падпала карэннай пераапрацоўцы. У гэтым, сёмым выданні, спатрэбіліся зноў значныя змены, якіяператварылі кнігу ў агульнадаступны курс зоркаплавання; гэты курс знаёміць з асновамі ракетнага лятання, яго тэорыяй, гісторыяй і перспектывамі.

Па форме кніга—прынамсі ў асноўным тэксце—становіць сабою працу папулярную. Аднак, аўтар аднёсся да яе складання як да работы навуковай: у выпадках, калі ён не ішоў самастойным шляхам, ён абапіраўся выключна на першакрыніцы, чэрпаў факты з першых рук і амаль увесь лікавы матэрыял правяраў уласнымі вылічэннямі. Апроч савецкай і замежнай літаратуры па зоркаплаванні, выкарыстана і асабовая перапіска аўтара з работнікамі ракетнай справы на Захадзе.

На долю гэтай кнігі прыпала ганаровая роля ў справе прапаганды зоркаплавання: пры сваім з'яўленні яна была першай кнігай— не толькі ў нас, але і на Захадзе—якая агульназразумела выкладае праблемы заатмасфернага лятання і праводзіць ідэі зоркаплавання ў шырокія масы.

Я. П.

Прадмова К. Э. Цыалкоўскага да шостага выдання.

У 1903 годзе ў пецярбурскім штомесячным часопісу „Научное Обозрение“ (№ 5) з'явілася мая матэматычная работа аб ракетным знарадзе для заатмасфернага лятання: „Исследование мировых пространств реактивными приборами“. Часопіс быў мала распаўсюджаны і хутчэй філазофскі і літаратурны, а не тэхнічны. Таму апроч нямногіх чужаземцаў, ніхто маёй работы не заўважыў. Пасля перамогі авіяцыі я атрымаў магчымасць звярнуцца ў друку да закранутай тэмы: у 1911—1912 гг. была апублікавана ў „Вестнике воздухоплавания“ мая новая работа пад той-жа назвай. Яна змяшчала рэзюме першай работы і значнае яе развіццё. Работа звярнула на сябе ўвагу спецыялістаў, — але шырокім колам чытачоў мае ідэі сталі вядомы толькі з таго часу, калі за прапаганду іх узяўся аўтар „Занимательной физики“ Я. І. Перэльман, які выдаў у 1915 г. сваю папулярную кнігу „Міжпланетавыя падарожжы“. Гэты твор з'явіўся першай у свеце сур'ёзнай, хоць і цалкам агульна зразумелай кнігай, якая разглядае праблему міжпланетавых пералётаў і распаўсюджвае правільныя весткі аб касмічнай ракеце. Кніга мела вялікі поспех і вытрымала за мінулыя 14 год пяць выданняў. Аўтар даўно вядомы сваімі папулярнымі, дасціпнымі і цалкам навуковымі працамі па фізіцы, астраноміі і матэматыцы, якія напісаны да таго-ж дасканалай мовай і лёгка ўспрыймаюцца чытачамі.

Горача вітаю з'яўленне гэтага, шостага па ліку выдання „Міжпланетавых падарожжаў“, якое дапоўнена і абноўлена ў адпаведнасці з прасоўваннем гэтай праблемы навейшымі даследваннямі.

К. Ціалкоўскі.

Міжпланетавыя падарожжы.

Пракладзеная Н'ютонам дарога
Пакуты цяжкай палягчыла гнёт,
Зрабіўшы з той пары адкрыццяў многа,
Да Месяца калісь, забыўшы страх,
Мы, сілай пары, накіруем шлях!

Байрон („Дон Жуан“, 1823 г.)

I. Найвялікшая мара чалавецтва.

Мысль аб падарожжах на іншыя планеты, аб вандраванні ў міжзоркавых пустынях яшчэ не так даўно была толькі вабнай марай. Разважаць на гэту тэму можна было хіба толькі так, як гаварылі аб авіяцыі некалькі вякоў назад, у эпоху Леанардо да Вінчы. Але зараз ужо няма сумненняў, што падобна да таго, як авіяцыя з прыгожай мары ператварылася ў штодзённую сапраўднасць, гэтак у недалёкай будучыні ажыццявіцца і мысль аб падарожжах касмічных. Настане дзень, калі нябесныя караблі зоркалёты рынуцца ў глыбіню сусвета і перанясуць былых палоннікаў Зямлі на Месяц, да планет—у іншыя светы, якія здавалася б ніколі недасяжны для земнага чалавецтва.

200—300 год назад, калі паветраплаванне было толькі фантастычнай марай, пытанне аб міжзоркавых палётах здавалася цесна звязаным з праблемай лятання і плавання ў атмасферы.

Аднак мы падарожнічаем ужо ў паветры, пералятаем над горнымі сцягамі і пустынямі, ляцім праз кантыненты і акіяны, былі над полюсам, аблёталі вакол усю планету, адным словам—дамагліся казачных поспехаў у справе лятання ў паветры, а тым часам на шляху да палётаў у сусветную прастору мы робім усяго першыя скромныя крокі.

Інакш і быць не можа: палёт у паветры і палёт у пустаце—праблемы зусім розныя. З пункта гледжання механікі, аэраплан рухаецца таксама, як і параход, або паравоз: колы паравоза адштурхваюцца ад рэек, вінт парахода—ад вады, прапелер аэраплана—ад паветра. Але ў заатмасферных пустынях у сусветнай прасторы няма ніякага асяроддзя, на якое можна было-б так ці інакш абаперціся.

Выходзіць, каб ажыццявіць міжпланетавыя палёты, тэхніка павінна звярнуцца да іншых спосабаў лятання; яна павінна выпрацаваць такі апарат, які мог-бы перасоўвацца, кіруючыся ў зусім пустой прасторы, не маючы ніякай апоры вакол сябе.

Заатмасфернае лятанне не можа мець нічога агульнага з авіяцыяй. Для вырашэння так пастаўленай задачы тэхніка вымушана шукаць прынцыпова іншых шляхоў.

II. Сусветнае цягаценне і земны цяжар.

Перш чым узяцца за гэтыя пошукі, звернем увагу на тыя нябачныя ланцугі, якія прыкоўваюць нас да земнага шара,—пазнаёмімся бліжэй з дзеяннем сілы сусветнага цягацення. Бо з ёю-ж, галоўным чынам, і давядзецца мець справу будучым плавальнікам па сусветным акіяне.

Пачнем з аднаго распаўсюджанага заблуджэння. Часта даводзіцца чуць аб некаторай „сферы“ земнага прыцяжэння, вышаўшы за граніцы якой, целы не падпадаюць ужо дзеянню прыцяжэння нашай планеты. Ад гэтага няправільнага ўяўлення трэба адмовіцца Ніякай „сферы“ земнага прыцяжэння, ніякіх граніц для яго не існуе. Прыцяжэнне Зямлі, ды і ўсякага цела, пашыраецца б я з м е ж н а; яно толькі паслабляецца з адлегласцю, але ніколі і нідзе не спыняецца зусім. Калі мы ў думках пераносімся з Зямлі на Месяц і падпадаем пад прыцягальнае дзеянне нашага спадарожніка, мы не павінны ўяўляць сабе справу так, нібы недзе спыняецца земнае прыцяжэнне і пачынаецца прыцяжэнне Месяца; не, на Месяцы праяўляюцца абудва прыцяжэнні, але месяцавае перамагае,—яўна прыкметна толькі дзеянне перамагаючай сілы месяцавага прыцяжэння.

Аднак каля месяцавай паверхні адчуваецца таксама і земнае прыцяжэнне. Ды і ў нас на Зямлі, побач з земным прыцяжэннем, праяўляецца цягаценне Месяца і Сонца: аб ім двойчы ў суткі маўкліва, але пераканальна сведчаць морскія прылівы.

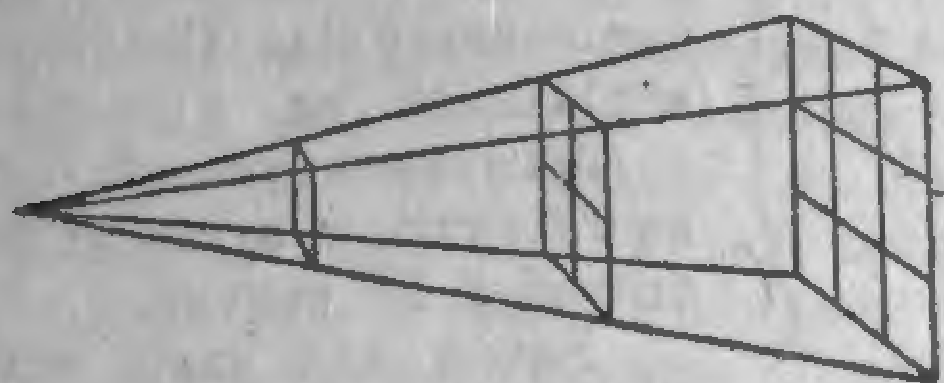
Узаемнае прыцяжэнне ўласціва не толькі целам нябесным; гэта адна з асноўных уласцівасцяй усякай матэрыі. Ім уладаюць нават самыя дробныя крупінкі матэрыі, дзе-б яны ні змяшчаліся і з чаго-б яны ні складаліся. Ні на момант не перастае яно праяўляцца скрозь і ўсюды, на кожным кроку, у вялікім і ў малым. „Паданне яблыка з дрэва, правал моста, счапленне глебы, з'ява прыліва паперадажэнне роўнадзенняў, арбіты планет з усімі іх збочаннямі, існаванне атмасферы, сонечнае цяпло, увесь абсяг астранамічнага цягацення таксама, як форма нашых дамоў і мэблі, злучнасць умоў штодзённага жыцця і нават наша існаванне—цалкам залежыць ад гэтай асноўнай уласцівасці матэрыі“, так вобразна малюе англійскі фізік прафесар О. Лодж значэнне цягацення ў прыродзе. Кожныя дзве часціны ўсякай матэрыі прыцягваюць адна адну,—і ніколі, ні пры

якіх умовах узаемнае іх прыцяжэнне не спыняецца: паслабляючыся з адлегласцю, яно ані не зменшаецца з цягам часу.

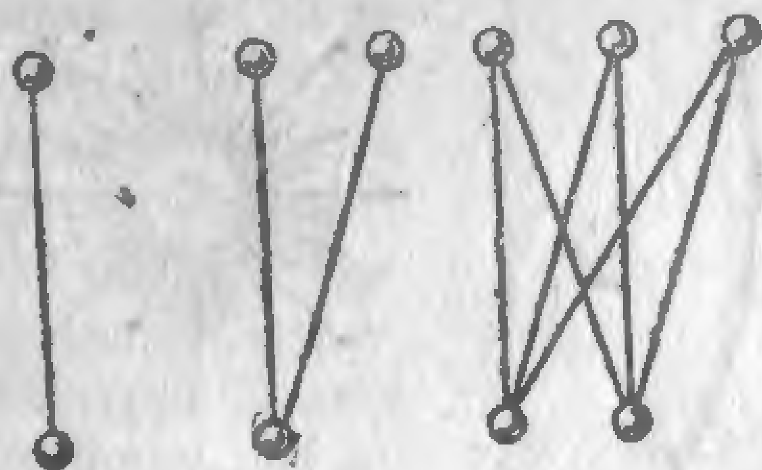
Наколькі-ж вялікая сіла ўзаемнага прыцяжэння цел? Яна можа быць і невыбражальна мізэрнай і страшэнна магутнай,—у залежнасці ад размераў мас, якія прыцягваюцца і ад іх узаемнай адлегласці.

Два яблыкі, па 100 *г* кожнае, якія вісяць адно ад другога ў 10 *см* (між цэнтрамі яблыкаў), прыцягваюцца з мізэрнай сілай у $\frac{1}{150000}$ міліграма. Гэта 150000-я частка вагі пяшчынкі. Ясна, што падобная сіла чуць здольна перамагчы жорсткасць нітак і, зразумела, не можа наблізіць яблыкі колькі-небудзь прыкметным чынам.

Два дарослых чалавекі, якія знаходзяцца на метр адзін ад другога, узаемна прыцягваюцца з сілай каля 40-й часткі міліграма[1])



Рыс. 1. Сусветнае прыцяжэнне: закон адлегласцяй. На падвойнай адлегласці прыцяжэнне паменшаецца ў 2×2, г. зн. у 4 разы, на патройнай—у 3×3, г. зн. у 9 разоў і г. д.—„прапарцыянальна квадрату адлегласці".



Рыс. 2. Сусветнае прыцяжэнне: закон мас. 1 адзінка масы прыцягвае 1 адзінку з сілаю 1 адзінкі; 2 адзінкі масы прыцягваюць адзінку з сілаю 2 адзінак. 3 адзінкі масы прыцягваюць 2 адзінкі з сілаю 2×3, г. зн. 6 адзінак, і г. д.

Такая мізерная сіла не можа выкрыцца ва ўмовах штодзённага жыцця. Яна недастаткова нават, каб разарваць нітку павуціння; а каб зрушыць з месца чалавека, патрэбна перамагчы церце яго падэшваў аб падлогу; для груза ў 65 *кг* церце дасягае 20 *кг*, г. зн. у 500 м і л ь ё н а ў раз болей, чым памянёная сіла ўзаемнага прыцяжэння чалавечых цел. Ці дзіўна, што ва ўмовах звычайнага жыцця мы не заўважаем на Зямлі ўзаемнага цегацення прадметаў?

Але калі-б церця не было, калі-б дзве чалавечых істоты віселі без апоры ў пустой прасторы і нічога не перашкаджала праяўляцца іх узаемнаму прыцяжэнню,—то якія-б пачуцці не мелі гэтыя людзі адзін да другога, яны непераможна імкнуліся-б насустрач сілаю сусветнага цегацення, хоць скорасць гэтага набліжэння, пад дзеяннем такой мізернай сілы, была-б нязначная.

Павялічце масы, якія прыцягваюцца,—і сіла ўзаемнага цегацення прыкметна ўзрасце. Адкрыты Н' ю т о н а м закон сусветнага цегацення кажа, што прыцяжэнне цел павялічваецца прапарцыянальна здабытку іх мас і паменшаецца прапарцыянальна квадрату

[1]) Гл. Дадатак I, стар. 107—108.

ўзаемнай адлегласці. Можна вылічыць, што два лінейных караблі, вагою па 25000 m кожны, плаваючы на адлегласці кіламетра адзін ад другога, узаемна прыцягваюцца з сілаю 4 г (гл. Дадатак 1). Гэта ў сто тысяч разоў больш за памянёную сілу прыцяжэння чалавечых істот, але, зразумела, вельмі яшчэ невыстарчальна, каб перамагчы супраціўленне вады і наблізіць судны ўсутыч. Ды і пры адсутнасці ўсякага супраціўлення абодва караблі пад дзеяннем такой мізэрнай сілы ў працягу першай гадзіны наблізіліся-б усяго на 2 сантыметры.

Нават прыцяжэнне цэлых горных сцягаў патрабуе для свайго выкрыцця надзвычайна тонкіх вымярэнняў. Проставес, які змешчаны ў Владзікаўказе, адхіляецца ад вэртыкалі прыцяжэннем суседніх Каўказскіх гор на вугал усяго толькі ў 37 секунд.

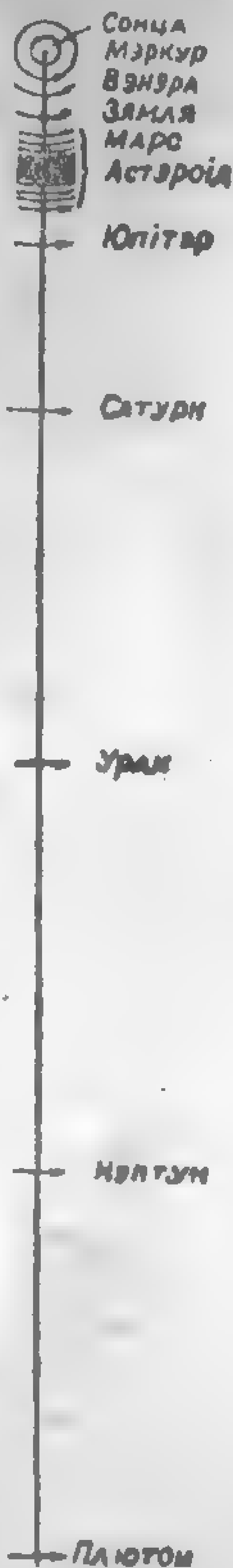
Затое для такіх велізарных мас, як сонца і планеты, узаемнае прыцяжэнне на самых аддаленых адлегласцях дасягае ступеняй, якія перавышаюць выабражэнне.

Рыс. 3. Дзеянне сонечнага прыцяжэння на Зямлю. Па інерцыі Зямля імкнецца рухацца па датычнай $ЗК$; прыцяжэнне Сонца прымушае яе ўхіляцца ад датычнай і пераводзіць на крывалінейны шлях.

Наша Зямля, не глядзячы на неймаверную аддаленасць ад Сонца, утрымліваецца на сваёй арбіце выключна толькі магутным узаемным прыцяжэннем абодвух цел. Дапусцеце на мінуту, што гэта ўзаемнае прыцяжэнне раптам спынілася, і што інжынеры паставілі сабе мэтай замяніць нябачныя ланцугі цегацення матэрыяльнымі сувязямі, інакш кажучы, жадаюць прывязаць земны шар да Сонца, скажам, стальнымі канатамі. Вам знаёмы, зразумела, тыя тросы, якія звіты з дрота і ўжываюцца для падняцця грузаў. Кожны з іх здольны вытрымаць груз звыш 16 m. Ці ведаеце, колькі такіх тросаў было-б патрэбна, каб перашкодзіць нашай планеце аддаліцца ад Сонца і, значыць, каб замяніць сілу ўзаемнага прыцяжэння Зямлі і Сонца? Цыфра з пятнаццаццю нулямі нічога не скажа вашаму выабражэнню. Вы атрымаеце больш нагляднае ўяўленне аб магутнасці гэтага прыцяжэння, калі я паведамлю вам, што ўсю паверхню земнага шара, якая звернута да Сонца, давялося-б густа пакрыць непраходным лесам такіх тросаў, па 60 на кожны квадратны метр...

Настолькі вялікая нябачная сіла, што цягне планеты да Сонца

Але для міжпланетавых палётаў не спатрэбіцца рассякаць гэтай сувязі і зрушваць нябесныя свяцілы з іх адвечных шляхоў. Будучаму мараку сусвета давядзецца лічыцца толькі з прыцягальным дзеяннем планет і Сонца на дробныя целы, і перш за ўсё, зразумела, з напружаннем цяжару каля земнай паверхні: яно-ж і прыкоўвае нас да нашай планеты.



Рыс. 4. Адлегласці планет ад Сонца.

Земны цяжар цікавіць нас зараз не тым, што ён прымушае кожнае земнае цела, якое ляжыць або вісіць, ціснуць на сваю апору. Для нас важней тое, што ўсім целам, якія пакінуты без апоры, цяжар надае рух „уніз“, да цэнтра Зямлі. Насуперакі звычайнай думцы, для ўсіх цел—цяжкіх і лёгкіх—быстрыня гэтага руху ў пустой прасторы зусім аднолькава, і пасля першай секунды падання заўсёды роўна дзесяці *м* [1]). Пасля сканчэння другой секунды да назапашанай дзесяціметравай скорасці далучаюцца яшчэ 10 *м*: скорасць падвойваецца. Узрастанне скорасці адбываецца ўвесь час, пакуль цягнецца паданне. З кожнай секундай скорасць падання ўзрастае на адну і тую-ж велічыню—на 10 метраў. Таму да канца трэцяй секунды скорасць раўняецца 30 *м*, да канца чацвертай—40, і г. д. Калі-ж цела кінута знізу ўверх, дык скорасць узлёта, наадварот, памяншаецца кожную наступную секунду на тыя-ж 10 *м*: пасля сканчэння першай секунды яна на 10 *м* меней, чым першапачатковая; пасля сканчэння другой—яшчэ на 10 *м* меней, г. зн. увогуле на 20 *м*, і г. д., пакуль не выйдзе ўся першапачаткова дадзеная целу скорасць, і яно не пачне падаць уніз. (Гэтак адбываецца толькі да таго часу, пакуль цела, што ўзлятае, падымаючыся ўгару, не вельмі аддаляецца ад земнай паверхні; на значнай адлегласці пад Зямлі напружанне цяжара паслабляецца і тады „кожную секунду будзе адымацца ўжо не 10 *м*, а меней).

Сухія лічбы,—але яны павінны нам шмат растлумачыць.

Даўней, кажуць, да ногі катаржан прыкоўвалі ланцуг з цяжкой гірай, каб абцяжыць іх крок, каб яны не здолелі ўцячы. Усе мы, жыхары Зямлі, нябачна абцяжаны падобнай-жа гіраю, якая перашкаджае нам вырвацца з земнага палона ў акаляючую прастору сусвета. Пры самым малым намаганні ўзняцца ў вышыню нябачная гіра дае сябе адчуваць і цягне нас уніз з узрастаючай імклівасцю. Быстрыня нарастання скорасці падання—па 10 *м* у кожную секунду—служыць мерай

---

[1]) Больш дакладна—9,8 *м*; акругляем гэты лік дзеля прастаты.

абцегацення дзеяння нябачнай гіры, якая трымае нас у земным палоне.

Усе тыя, што марацъ аб палётах па бязмежным акіяне сусветнай, павінны шкадаваць аб тым, што чалавечаму роду прыходзіцца жыць якраз на той планеце, якую мы завем „Зямлёю". Сярод нябесных сёстраў земнага шара не ўсе ўладаюць такім значным напружаннем цяжару, як наша планета. Зірнеце на таблічку, якая тут дадаецца, дае напружанне цяжару на розных планетах дана ў параўнанні з напружаннем земнага цяжару.

Калі-б умовы цяжару былі ў нас такія, як на Меркурыі, або на Месяцы, а тым больш, на Цэрэры або Эрасе, не давялося-б, мабыць, пісаць цяпер гэтай кнігі, таму, што людзі даўно падарожнічалі-б ужо па сусветнай прасторы. На дробных астэроідах досыць проста адштурхнуцца ад планеты, каб назаўсёды паляцець у прастору сусветнай.

Напружанне цяжару

(Зямля = 1)

На Юпітэры	2,6	На Меркурыі	0,26
На Сатурне	1,1	На Плутоне	0,2
На Уране і Нептуне } каля	1	На Месяцы	0,17
На Венеры	0,9	На астэроідае Цэрэры . . .	0,04
На Марсе	0,4	На „ Эрасе	0.001

Значыцъ, міжпланетавыя пералёты, апроч знаходжання спосабаў руху ў пустаце, вымагаюць вырашэння пытання аб тым, якімі спосабамі мажліва змагацца з сілаю земнага прыцяжэння.

Мысль наша здольна выабразіць усяго трайкага рода барацьбу з земным цяжарам:

1) можна шукаць сродкаў **схавацца** або засланіцца ад сілы прыцяжэння, зрабіцца для яе неўразлівым;

2) можна спрабаваць **паслабіць** напружанне земнага цяжару і, нарэшце—

3) пакідаючы сілу земнага цяжару без змены, вышукваць сродкі яе **перамагчы**.

Кожны з гэтых трох шляхоў, у выпадку поспеха, абяцае мажлівасць вызваліцца з палона цяжару і пусціцца ў свабоднае плаванне па сусветнай.

У гэтай паслядоўнасці мы і разгледзім далей найбольш цікавыя, прывабныя або павучальныя праекты ажыццяўлення касмічных пералётаў, перш чым пярэйдзем да выкладання сучаснага стану пытання.

III. Ці можна схавацца ад сілы цяжару?

З маленства прызвычаіліся мы да таго, што ўсе рэчы прыкованы сваёй вагой да зямлі; нам цяжка з гэтай прычыны нават у думках аддаліцца ад цяжару і ўявіць сабе малюнак таго, што было-б, калі-б мы ўмелі гэтую сілу знішчаць згодна свайго жадання. Такі фантастычны малюнак даў у адным з сваіх артыкулаў амерыканскі вучоны Г. Сервіс:

„Калі-б у самы разгар ваеннай кампаніі мы маглі пасылаць хвалі, якія нейтралізавалі-б сілу цяжару, дык усюды, куды-б яны ні траплялі, безадкладна наступаў-бы хаос. Гіганцкія гарматы ўзляталі-б на паветра, як мыльныя пузыры. Салдаты, якія маршавалі, раптоўна адчуўшы сябе лягчэй за пярцо, бездапаможна ляталі-б у паветры, цалкам ва ўладзе ворага, які знаходзіцца па-за сферай дзеяння гэтых хваль. Малюнак цікавы і, як можа паказацца, неправдападобны,—а між тым так было-б у сапраўднасці, калі б людзям удалося падпарадкаваць сваёй уладзе сілу цяжару“.

Рыс. 5. Англійскі раманіст Г. Уэльз.

Усё гэта, зразумела, фантазія. Не прыходзіцца і думаць аб тым, каб кіраваць сілай цягацення паводле свайго жадання. Мы не ў стане нават колькі-небудзь адхіліць гэту сілу ад шляху, па якім яна распаўсюджваецца, не можам ні аднаго цела захаваць ад яе дзеяння. Цегаценне—адзіная сіла прыроды, для якой мы не ведаем ніякіх перагарадак. Якое-б велізарнае, якое-б шчыльнае цела не стаяла на яе шляху,—сіла гэта пранікае скрозь яго, як праз пустое месца. Цел, якія былі-б для цегацення непранікальнымі,—як вам вядома,—не існуе.

Але калі-б чалавечаму генію пашанцавала ў будучым знайсці або прыгатаваць такую непранікальную для цегацення матэрыю, ці здолелі-б мы пры яе дапамозе схавацца ад сілы прыцяжэння, скінуць ланцугі цяжару і свабодна рынуцца ў сусветную прастору?

Англійскі пісьменнік Герберт Уэльз падрабязна развіў мысль аб заслоне ад цегацення ў фантастычным рамане „Першыя людзі на Месяцы“ [1]). Вучоны герой рамана, нейкі вынаходца Кевор, знайшоў спосаб выраба іменна такой матэрыі, непранікальнай для цегацення. Аб гэтай фантастычнай матэрыі, якая названа „Кеварытам“, аўтар разважае так:

[1]) Арыгінал з'явіўся ў 1901 г. Ёсць некалькі рускіх перакладаў.

„Амаль кожнае цела адрозніваецца непразрыстасцю для якога-небудзь рода прамянёвай энергіі і празрыста для другіх яе відаў. Шкло, напрыклад, прапускае бачнае святло, але для нябачных прамянёў, якія робяць награванне, яно куды менш празрыстае; квасцы, якія празрысты для бачных прамянёў святла, цалкам затрымліваюць прамяні нябачныя, якія награваюць. Наадварот, раствор ёду ў вадкасці, якая завецца серкавугляродам, непразрысты для бачных прамянёў святла, але свабодна прапускае нябачныя прамяні, якія награваюць: праз пасудзіну з такой вадкасцю не відаць полымя, але добра адчуваецца яго цеплыня. Металы непразрыстыя не толькі для прамянёў святла, бачнага і нябачнага, але і для электрычных ваганняў, якія, аднак, свабодна праходзяць праз шкло або праз памянёны раствор, як скрозь пустую прастору і г. д.

„Далей. Мы ведаем, што для сусветнага цегацення, г. зн. для сілы цяжару, пранікальны ўсе целы. Вы можаце паставіць перагароды, каб зачыніць прамянём святла доступ да прадметаў; пры дапамозе металічных лістоў можаце захаваць прадмет ад доступа радыёхваль,—але ніякімі перагародамі не можаце вы абараніць прадмет ад дзеяння цегацення Сонца або ад сілы земнага цяжару. Чаму ўласна ў прыродзе няма падобных перагарод для цегацення—цяжка сказаць. Аднак, Кевор не бачыў прычын, чаму-б і не існаваць такой матэрыі, непранікальнай для цегацення; ён лічыў сябе здольным штучна стварыць такую непранікальную для цегацення матэрыю.

„Усякі, хто мае хоць іскарку выабражэння, лёгка ўявіць сабе, якія незвычайныя магчымасці адчыняе перад намі падобная матэрыя. Калі, напрыклад, трэба падняць груз, то які-б велізарны ён не быў, досыць будзе паслаць пад ім ліст з гэтай матэрыі—і груз можна будзе падняць хоць саломінкай".

Маючы такую дзіўную матэрыю, героі рамана будуюць нябесны дырыжабль, у якім і робяць адважны пералёт на Месяц. Пабудова знарада вельмі нескладаная: у ім няма ніякага рухавага механізма, з прычыны таго, што ён перамяшчаецца дзеяннем знешніх сіл. Вось апісанне гэтага фантастычнага апарата:

„Уявеце сабе шарападобны знарад, досыць прасторны, каб зьмясціць двух чалавек з іх багажом. Знарад будзе мець 2 абалонкі—унутраную і знешнюю; унутраная—з тоўстага шкла, знешняя—стальная. Можна ўзяць з сабою запас згушчанага паветра, канцэнтраванай стравы, апараты для дэстыляцыі вады і г. д. Стальны шар будзе са знешняга боку ўвесь пакрыты слоем кеварыту. Унутраная шкляная абалонка будзе суцэльная, апроч люка; стальная-ж будзе складацца з асобных частак, і кожная такая частка можа згортвацца, як штор. Калі ўсё шторы герметычна спушчаны, у сярэдзіну шара не можа трапіць ні святло, ніякі наогул від прамянёвай энергіі, ні сіла сусветнага цегацення. Але вы ўявеце, што адна з штор паднята; тады кожнае масіўнае цела, якое выпадкова знаходзіцца здалёк супроць гэтага акна, прыцягне нас да сябе. Практычна мы можам падарожнічаць у сусветнай прасторы ў тым кірунку, у якім пажадаем, прыцягваючыся то адным, то другім нябесным целам".

Цікава апісан у рамане момант адпраўлення апарата ў дарогу. Слой „кеварыту“, які пакрывае апарат, робіць яго зусім невагомым. Невагомае цела не можа спакойна ляжаць на дне паветранага акіяна; з ім павінна адбыцца тое-ж, што адбылася з коркам, які пагружаны на дно возера: ён усплывае на паверхню вады. Гэтак-жа сама невагомы апарат павінен імкліва ўзняцца ў вышыню і, мінуўшы крайнія граніцы атмасферы, паляцець па інерцыі ў сусветную прастору. Героі рамана Уэльса гэтак і паляцелі. А апынуўшыся далёка за межамі атмасферы, яны, адчыняючы адны заслоны, зачыняючы другія, падводзячы свой знарад пад дзеянне прыцяжэння то Сонца, то Зямлі, то Месяца, паступова дасягнулі да паверхні нашага спадарожніка. Потым такім-жа шляхам апарат шчасна звярнуўся на Зямлю.

Апісаны праект касмічных пералётаў здаецца на першы погляд гэтакім праўдападобным, што натуральна ўзнікае мысль: ці не ў гэтым кірунку належыць шукаць развязання задачы па зоркаплаванні? Ці нельга, сапраўды, знайсці або вынайсці матэрыю, якая была-б непранікальна для цягацення і, карыстаючыся ёю, пабудаваць міжпланетавы карабель? Досыць, аднак, глыбей удумацца ў гэтую ідэю, каб пераканацца ў поўнай яе непрыдатнасці.

Не кажу ўжо аб тым, як мала ў нас надзеі знайсці матэрыю, якая-б засланяла ад цягацення. Бо апошнія элементарныя часціны, электроны і пратоны, з якіх пабудованы ўсе віды матэрыі, уладаюць вагомасцю і пранікальныя для цягацення. Немагчыма ўявіць сабе, каб якое-небудзь іх злучэнне магло ўладаць іншымі ўласцівасцямі ў гэтых адносінах. Але няхай фантастычны „кеварыт“ знойдзены, няхай пабудованы апарат паводле ідэі англійскага раманіста. Ці прыгодны будзе такі апарат для міжпланетавых падарожжаў, як апісана ў рамане? Пагляддзім.

У розуме чытача, мабыць, ужо мільганула сумненне, калі раманіст казаў нам аб магчымасці падняць цяжкі груз „хоць саломінкай“, змесціўшы пад ім непранікальны для цягацення экран. Бо гэта значыць ні больш, ні менш як развязаць праблему вечнага рухавіка, стварыць энергію з нічога! Уявеце, на самай справе, што мы ўладаем заслонай ад цягацення. Падкладваем ліст „кеварыту“ пад усякі груз, падымаем без усякай затраты энергіі наш, цяпер ужо невагомы, груз на якую хочам вышыню і потым зноў прымаем экран. Груз, зразумела, падае ўніз і можа выканаць пры падаенні некаторую работу. Паўтараем гэту простую аперацыю двойчы, тройчы, тысячу, мільён разоў, колькі пажадаем—і атрымаем адвольна вялікую колькасць энергіі, ні адкуль яе не пазычаючы.

Выходзіць, што непранікальны для цягацення экран дае нам цудоўную магчымасць ствараць энергію з нічога, бо яе з'яўленне, як відаць, не суправаджаецца аднaчасным знікненнем роўнай колькасці энергіі ў іншым месцы або ў іншай форме. Калі-б герой рамана сапраўды пабываў на Месяцы і звярнуўся на Зямлю тым спосабам, які там апісаны, дык у выніку падобнага падарожжа свет узбагаціўся-б энергіяй. Агульная колькасць яе ў сусвета павялічылася-б

на столькі, колькі складае розніца работ, што ўтвараюцца сілаю цегацення пры паданні чалавечага цела з Месяца на Зямлю і з Зямлі на Месяц. Зямля прыцягвае мацней чым Месяц і, значыць, першая работа большая за другую. Няхай гэта прыбаўка энергіі мізэрная ў параўнанні з запасам яе ў сусвета, усё-ж такое стварэнне энергіі безумоўна супярэчыць асноўнаму закону прыроды, закону захавання энергіі.

Калі мы прышлі да яўнай супярэчнасці з законамі прыроды, дык відавочна, у разважанне трапіла непрыкмечаная намі памылка. Няцяжка зразумець, дзе іменна трэба яе шукаць. Ідэя заслоны, непранікальнай для цегацення, сама па сабе не заключае лагічнай недарэчнасці; але памылкова лічыць, нібы пры дапамозе яе можна зрабіць цела невагомым, без затраты энергіі. Нельга перанесці цела за экран цегацення, не ўтвараючы пры гэтым ніякай работы. Немагчыма засунуць шторы „кеварытнага" шара, не ўжываючы сілы. Абедзве аперацыі павінны суправаджацца затратай колькасці энергіі, роўнай той, якая потым з'яўляецца нібы створанай з нічога. У гэтым і ёсць вырашэнне супярэчнасці, да якой мы прышлі.

Засоўваючы заслоны міжпланетавага апарата, героі Уэльза тым самым нібы рассякалі нябачны ланцуг прыцяжэння, які прыкоўваў іх да Зямлі. Мы ведаем дакладна моц гэтага ланцуга і можам вылічыць велічыню работы, якая неабходна для яго разарвання. Гэта тая работа, якую мы ўтварылі-б, калі-б перанеслі вагомае цела з земнай паверхні ў бесканечна аддалены пункт прасторы, дзе сіла земнага прыцяжэння роўна нулю.

Ёсць людзі, якія прызвычаіліся адносіцца да слова „бесканечнасць" з містычнай пашанай, і спамінанне гэтага слова часта параджае ў розуме не-матэматыка вельмі няправільныя ўяўленні. Калі я сказаў аб рабоце, якая выконваецца целам на бесканечным шляху, іншыя чытачы, мабыць, ужо парашылі пра сябе, што гэта работа бесканечна вялізная. На самай справе, яна хоць і вельмі вялізная, але мае канечную велічыню, якую матэматык можа дакладна вылічыць. Работу перанясення вагомага цела з земнай паверхні ў бесканечнасць мы можам разглядаць як суму бесканечнага рада складнікаў, якія хутка памяншаюцца, таму што з аддаленнем ад Зямлі сіла прыцяжэння слабее. Сума падобных складнікаў, хоць-бы іх была і безліч, нярэдка дае рэзультат канечны. Зрабеце крок, потым яшчэ паўкрока, затым яшчэ ¼ крока, яшчэ $^1/_8$, $^1/_{16}$, $^1/_{32}$ і г. д. Вы можаце прасоўвацца гэтак цэлую вечнасць—і ўсё-ж не зробіце больш за два поўных крокі. Пры ўліку работы цегацення мы маем нешта накшталт падобнага суміравання, і чытач не павінен здзіўляцца, што работа гэта нават на бесканечным шляху мае значэнне канечнае. Можна вылічыць, што для груза ў 1 *кг* работа яго перанясення з земнай паверхні ў бесканечнасць складае крыху больш за 6 мільёнаў кілаграмаметраў. З прычыны таго, што гэта тэхнічная ацэнка работы не для ўсіх зразумелая, дык паясню, што яна раўняецца велічыні работы, якую зрабіў бы, напрыклад, пад'ёмны кран, падняўшы паравоз з тэндэрам (75 *т*) на вышыню 80 *м*. Сучасныя

акіянскія параходы-гіганты накшталт „Брэмена“, з турбінамі магутнасцю 100000 конскіх сіл, выконваюць тую-ж работу менш чым за адну секунду.

Далей. У сэнсе затраты работы зусім усё роўна, ці перанясіцё вы груз з Зямлі ў бесканечна аддалены пункт, або ў вельмі блізкае месца, але такое, дзе ён зусім не прыцягваецца Зямлёй. У абодвых выпадках вы выканалі-б аднолькавую работу: велічыня яе залежыць не ад даўжыні пройдзенага шляху, а толькі ад розніцы сілы прыцяжэння ў крайніх пунктах шляху. Пры пераносе цела ў бесканечнасць работа выконваецца на працягу бесканечна доўгага шляху; пры пераносе за экран цегацення тая-ж самая работа затрачваецца ў некалькі момантаў, пакуль адбываецца перанос. Ці патрэбна гаварыць, што другую работу практычна было-б яшчэ цяжэй зрабіць, чым першую?

Цяпер робіцца відавочнай безнадзейнасць фантастычнага проекта Уэльза. Раманіст не падазраваў, што перанясенне цела за экран, які непранікальны для цегацення, становіць сабою неймаверна цяжкую механічную задачу. Засунуць заслоны „кеварытнага“ знарада не так проста, як зачыніць дзверцы аўтамабіля: у прамежак часу, пакуль зачыняюцца заслоны і пасажыры аддаляюцца ад зваготмага света, павінна быць выканана работа, роўная рабоце перанясення пасажыраў у бесканечнасць. А з прычыны таго, што два чалавекі важаць звыш 100 *кг*, дык, значыць, засоўваючы заслоны знарада, героі рамана павінны былі ў адну секунду выканаць работу, не мала, не многа, у 600 мільёнаў кілограмметраў. Гэта так-жа сама лёгка выканаць, як усцягнуць 40 паравозаў на вяршыню вежы Эйфеля ў працягу адной секунды. Уладаючы такой магутнасцю, мы і без „кеварыту“ маглі-б літаральна скокнуць з Зямлі на Месяц... Не было-б для чаго і разважаць над праблемай міжпланетавых падарожжаў.

Значыць, ідэя вандраваць па сусвету пад абаронай матэрыі, якая непранікальна для цегацення, прыводзіць да таго, што ў логіцы завецца „ганебным кругам“. Каб выкарыстаць такую матэрыю, трэба перамагчы прыцяжэнне Зямлі, г. зн. выканаць іменна тое, дзеля чаго і павінна быць прыдумана заслона цегацення. Выходзіць заслона для цегацення не вырашыла-б праблемы нябесных падарожжаў.

IV. Ці можна паслабіць земны цяжар?

Калі надзеі схавацца ад сілы цяжару нязбытныя, дык, магчыма, існуюць спосабы хаця-б п а с л а б і ц ь цяжар на земнай паверхні?

Здавалася б, закон цегацення не дапускае падобнай магчымасці нават у тэорыі: сіла прыцяжэння залежыць-жа ад масы земнага шара, паменшыць які мы не ў стане. Аднак гэта не так. Гутарка ідзе аб напружанні цяжару на п а в е р х н і нашай планеты, а яно,

як вядома, залежыць не ад аднае толькі масы, але і ад адлегласці да цэнтра земнага шара, г. зн. ад велічыні земнага радыуса. Калі-б мы маглі распульхніць земны шар настолькі, каб, павялічыўшыся ў аб'ёме, ён набыў радыус, напрыклад, удвая большы, чым цяпер, дык напружанне цяжару на паверхні такога шара стала-б у чатыры разы меншым. На самай справе: знаходзячыся на паверхні Зямлі, мы былі-б удвая далей ад цэнтра, які прыцягвае (шарападобныя целы прыцягваюць так, нібы ўся іх маса сканцэнтравана ў цэнтры). Выгада ад падобнай перабудовы планеты, на якой мы жывём, атрымалася-б яшчэ і тая, што паверхня земнага шара павялічылася-б у чатыры разы. Людзям жылося-б на Зямлі літаральна ў чатыры разы „вальней“ і ў чатыры разы „лягчэй“...

Зразумела, сучасная і нават будучая тэхніка не ў стане ажыццявіць нічога падобнага.

Механіка ўказвае і другі шлях да паслаблення земнага цяжару. Ён складаецца з таго, каб паскорыць быстрыню вярчэння Зямлі вакол восі. Ужо і цяпер адцэнтравы эфект пры вярчэнні земнага шара памяншае вагу кожнага цела на экватары на $\frac{1}{290}$ частку. У злучэнні з другой прычынай (уздуццем земнага шара каля экватара) вярчэнне Зямлі дзейнічае так, што ўсе целы на экватары важаць на $^1/_2$ проц. менш, чым каля полюсаў. Паравоз, які важыць у Маскве 60 *т*, становіцца, пасля таго, як прыбудзе ў Архангельск, на 60 *кг* цяжэй, а ў Адэсу—настолькі-ж лягчэй. Партыя вугалю ў 5000 *т*, якая дастаўлена з Шпіцбергена ў экватарыяльны порт, паменшылася-б у вазе на 20 *т*, калі-б прыймальніку захацелася прыняць груз, карыстаючыся спружыновымі вагамі, якія выверяны на Шпіцбергене. Лінкор, які важыць у Архангельску 20000 *т*, становіцца пасля таго, як прыбудзе ў экватарыяльныя воды, лягчэй на 80 *т*; але гэта, зразумела, непрыкметна, бо адпаведна лягчэй робяцца і ўсе іншыя целы, не выключаючы і вады ў акіяне. Розніцу вагі крадзе галоўным чынам адцэнтравы эфект: на экватары ён крыху большы, чым у шыротах, якія аддалены ад яго, дзе пункты земнай паверхні пры вярчэнні Зямлі апісваюць значна меншыя кругі.

Няцяжка давесці, што калі-б Зямля вярцелася ў 17 разоў хутчэй, як цяпер, дык адцэнтравы эфект на экватары павялічыўся-б у 17 $\times$ 17, г. зн. амаль у 290 разоў. Уздумаўшы, што цяпер адцэнтравы эфект крадзе ў целаў якраз $\frac{1}{290}$ частку іх вагі, вы зразумееце, што на экватары з гэтакай быстрынёй вярчэння Зямлі целы з у с і м н е м е л і-б в а г і. Варта было-б тады толькі дасягнуць экватара, каб крыху адштурхнуўшыся там, рынуцца ў сусветную прастору. Задача зоркаплавання развязвалася-б вельмі проста. Калі-б Зямля вярцелася яшчэ шпарчэй, мы зрабіліся-б нябеснымі вандраўнікамі прымусова, бо інерцыя пры вярчэнні сама адкінула-б нас у бяздонную глыбіню неба. Людзям давялося-б думаць ужо над праблемай „земных“, а не міжпланетавых вандраванняў...

Але мы занадта далёка залезлі ў абсяг фантазій. Усё, што сказана, знаходзіцца, зразумела, за межамі дасяжнага. Калі-б у нашых сілах і была магчымасць настолькі паскорыць вярчэнне земнага шара, дык верцячыся гэтак шпарка, Зямля расплюшчылася-б (у роўніцы свайго экватара), а магчыма, нават, яшчэ раней разарвалася-б на часткі, як занадта шпарка заверчаны жоран[1]). Магчымасць падарожнічаць у міжзоркавых прасторах набыта была-б занадта дарагой цаной...

V. Насуперакі цяжару.—На хвалях святла.

З трох спосабаў барацьбы з цегаценнем, якія мысляцца, мы разгледзелі і адкінулі два: спосаб аховы ад цегацення і спосаб паслаблення земнага цяжару. Абудва яны не даюць чалавецтву надзеі паспяхова вырашыць вабную праблему міжпланетавых пералётаў. Бясплодны ўсякія спробы схавацца ад сілы цегацення; безнадзейна імкненне паслабіць напружанне цяжару. Застаецца адно: шукаць сродак перамагчы цегаценне і пакінуць нашу планету наперакор прыцяжэнню.

Праектаў падобнага роду існуе некалькі. Яны, без сумнення, больш цікавы за ўсе іншыя, бо іх аўтары не выдумляюць фантастычных матэрый накшталт „экрана цегацення“, не прапануюць перарабіць земны шар або змяніць скорасць яго вярчэння.

Адзін з праектаў той катэгорыі, якая намі разглядаецца, прапануе скарыстаць для міжпланетавых пералётаў ціск светлавых прамянёў. Асобам, якія мала знаёмы з фізікай, павінна здавацца непраўдападобным, што далікатныя прамяні святла робяць ціск на прадметы, якія імі асвятляюцца. Між тым адной з найвялікшых заслуг геніяльнага фізіка П. Н. Лебедзева было тое, што ён на доследзе выкрыў і вымерыў адштурхальную сілу прамянёў святла.

Усякае цела, якое свеціцца, ці то свечка на вашым стале, ці электрычная лямпа, ці расп ленае сонца, ці нават цёмнае цела, ад якога ідуць нябачныя прамяні, ціснє сваімі прамянямі на целы, якія асвятляюцца. П. Н. Лебедзеву ўдалося вымераць сілу ціску, які робіцца сонечнымі прамянямі на земныя прадметы, што імі асвятляюцца: у мерах вагі яна складае каля палавіны міліграма для плошчы ў квадратны метр. Калі памножыць паўміліграма на плошчу вялікага круга земнага шара, мы атрымаем для ціску сонечных прамянёў на Зямлі вельмі значны груз: каля 60000 *т*.

---

[1]) Астраномы лічаць, што Зямля наша калісці ўжо мела падобную скорасць вярчэння, небяспечную для яе цэласці. Суткі цягнуліся ў тую эпоху ўсяго некалькі гадзін. І тады ад распаленага шара, якой была наша Зямля ў тыя аддаленыя часы,— шара больш буйнага, як цяпер,— адарвалася значная частка матэрыі і панеслася ў сусветную прастору. Наш Месяц—не што іншае, як гэта матэрыя, што адарвалася, сабралася ў шар і зацвярдзела пры астыванні. (Гл. кнігі: Джорж Дарвін „Прылівы“ і Роберт Бол „Вякі і прылівы“).

Такава велічыня сілы, з якой Сонца ціскам сваіх прамянёў пастаянна адштурхвае нашу планету. Сама па сябе ўзятая, сіла гэта вялікая. Але—усё адносна, і калі параўнаць яе з велічынёю сонечнага прыцяжэння, дык выявіцца, што адштурхванне ў 60000 *т* не можа мець уплыва на рух земнага шара: сіла гэта ў 60 більёнаў разоў слабей за сонечнае прыцяжэнне. Далёкі Сірыус, ад якога святло вандруе да нас восем год, прыцягвае Зямлю з куды большай сілаю—10 мільёнаў тон, а планета наша нібы не адчувае гэтага. Не забудземся, што 60000 *т*—гэта вага толькі аднаго вялізнага акіянскага парахода. (Вылічана, што пад ціскам сонечных прамянёў земны шар аддаляецца ад Сонца на 2½ міліметры за год).

Аднак, чым цела меншае, тым большую частку сілы прыцяжэння складае светлавы ціск. Вы зразумееце, чаму гэта, калі ўздумаеце, што прыцяжэнне прапарцыянальна масе цела, светлавы-ж ціск прапарцыянальны яго паверхні. Паменшыце ў думках земны шар так, каб папярочнік яго стаў удвая меншы. Аб'ём, а в ім і маса Зямлі паменшацца ў $2 \times 2 \times 2 = 8$ разоў, паверхня-ж паменшыцца ўсяго ў $2 \times 2 = 4$ разы; значыць, прыцяжэнне аслабне ў 8 разоў, прапарцыянальна памяншэнню масы; светлавы-ж ціск паменшыцца суадпаведна паверхні, г. зн. усяго толькі ў 4 разы. Вы бачыце, што прыцяжэнне аслабела больш прыметна, чым светлавы ціск. Паменшыце Зямлю яшчэ ўдвая—атрымаецца зноў выгада ў карысць светлавога ціску.

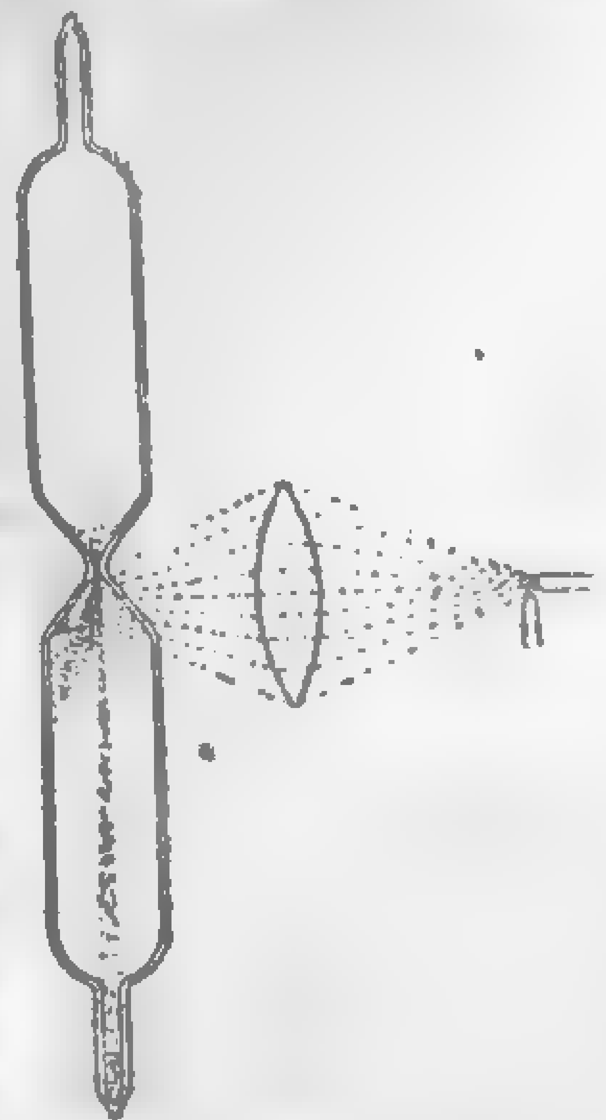
Калі будзеце працягваць і далей гэта няроўнае спаборніцтва кубаў з квадратамі, дык няўхільна дойдзеце да такіх дробных часцін, для якіх светлавы ціск нарэшце параўнаецца з прыцяжэннем. Падобная часціна не будзе ўжо набліжацца да Сонца—прыцяжэнне знішчыцца роўным адштурхваннем. Вылічана, што для маленькага шара, які мае шчыльнасць вады, гэта павінна мець месца ў тым выпадку, калі папярочнік яго крыху меншы за тысячную частку міліметра.

Ясна, што калі падобны шарык будзе яшчэ меншы, дык светлавое адштурхванне перавысіць сілу прыцяжэння і крупінка будзе ўжо імкнуцца не да Сонца, а ад Сонца. Чым крупінка меншая, тым мацней павінна яна адштурхвацца ад Сонца. Перавага светлавога ціску над цегаценнем, зразумела, выражаецца мізэрнай велічынёй, але-ж і мізэрнасць—адносная. Маса пылінкі, якую гэта сіла рухае, таксама надзвычайна малая; і мы не павінна дзівіцца з таго, што маленькая сіла надае вельмі маленькай масе велізарную скорасць—у дзесяткі, сотні і тысячы кіламетраў за секунду [1]...

Як чытач даведаецца пазней, досыць надаць целу скорасць каля 11 *км* у секунду, каб адаслаць яго з земнай паверхні ў

[1] „Аднак закон адваротнай прапарцыянальнасці радыуса не мае больш сілы, калі радыус становіцца вельмі малым у параўнанні з даўжынёй хвалі адштурхваючых светлавых прамянёў: пры некаторым радыусе, які набліжаецца да 0,0001 міліметра, адносіны ціску да прыцяжэння пачынаюць хутка змяншацца“ (Пойнтынг).

сусветную прастору, і 17 *км*, каб яно магло свабодна вандраваць па планетавай сістэме. Значыць, калі мізэрная земная пылінка апынецца як небудзь за межамі асмасферы, яна будзе падхоплена там светлавым ціскам і пацягнецца ім у сусветную прастору, назаўсёды пакінуўшы сваю бацькаўшчыну—Зямлю. Яна будзе несціся з узрастаючай скорасцю ўсё далей і далей да ўскраін нашай планетавай сістэмы, пераразаючы арбіты Марса, астэроідаў, Юпітэра і г. д. Пры скорасці 500 *км* за секунду мікраскапічная пылінка за адны суткі праляціць шлях, які будзе раўняцца папярочніку земнай арбіты, і праз два тыдні будзе ўжо каля крайняй мяжы нашай сонечнай сістэмы.



Рыс. 6 Дослед Нікольса і Гула, які выкрывае ціск светлавых прамянёў.

Два амерыканскіх вучоных, Нікольс і Гул, якія вывучалі светлавы ціск адначасова з П. Н. Лебедзевым, наладзілі наступны надзвычай павучальны дослед. У абсалютна пустую шкляную трубку, якая мае перахват, як у пясочным гадзінніку, яны насыпалі сумесь прапаленых грыбных зароднікаў і наждаковага парашку. Прапаленыя і значыць ператвораныя ў вугаль зароднікі надзвычайна малыя і лёгкія; яны маюць не больш 0,002 міліметра ў папярочніку і ў 10 разоў лягчэй за ваду. Таму, калі накіраваць на іх моцнае святло, якое сканцэнтравана пры дапамозе запальнага шкла[1]), дык можна чакаць, што пылінкі будуць адштурхвацца светлавымі прамянямі. Гэтак і было пры доследзе: калі сумесь перасыпалася скрозь шыйку перахвата, дык накірованае сюды святло (вольтавай дугі) адштурхвала вугальныя пылінкі, тым часам як больш цяжкія часцінкі наждаковага парашку падалі проставесна.

Загадкавая асаблівасць каметавых хвастоў, якія нібы адштурхваюцца Сонцам, мабыць, тлумачыцца іменна прамянёвым ціскам. Аб гэтым згадваўся геніяльны Кеплер, заканадаўца планетавай сістэмы, які пісаў тры вякі назад наступныя радкі ў сваім трактаце аб каметах: „Па натуры ўсіх рэчаў лічу, што калі матэрыя ў прасторы сусвета выкінута бывае і гэта прапускаючая святло галава каметы простымі прамянямі Сонца ўдараецца і пранізваецца, дык з унутраной матэрыі каметы нешта следам за імі і той жа дарогаю выходзіць, якою сонечныя прамяні прабіваюць і цела каметы асвятляюць... Указанне на прычыну, што з матэрыі каметавага цела нешта бесперапынна выганяецца сонечнымі прамянямі—іх сілай, даў мне хвост каметы, пра які вядома, што ён

1) Сканцэнтраваны пучок прамянёў натуральна павінен рабіць больш моцны ціск, чым звычайны.

заўседы аддаляецца ў бок, супроцьлеглы Сонцу і прамянямі Сонца фармуецца... Такім чынам, ані не сумнявайся, чытач, што хвасты камет утвараюцца Сонцам з матэрыі, выгнанай з галавы".

Ці не можа і чалавек скарыстаць тую-ж сілу для міжпланетавых падарожжаў? Для гэтага не патрэбна было-б абавязкова памяншацца да мікраскапічных размераў, досыць пабудаваць знарад з такімі ж выгаднымі суадносінамі паверхні і масы, як у самых дробных пылінак, якія адштурхваюцца прамянямі Сонца. Іншымі словамі: паверхня знарада павінна быць у столькі-ж разоў большая за паверхню пылінкі, у колькі разоў вага знарада большая за вагу гэтай пылінкі.

Аўтар аднаго астранамічнага рамана перанёс сваіх герояў на іншыя планеты іменна ў падобным знарадзе. Яго героі пабудавалі каюту з самага лёгкага матэрыялу, з велізарнай, але лёгкай люстрай, якую можна было паварочваць накшталт паруса. Змяшчаючы люстру пад рознымі вугламі да сонечных прамянёў, пасажыры нябеснага карабля, паводле свайго жадання, або паслаблялі адштурхальнае дзеянне святла, або зусім зводзілі яго да нуля, цалкам аддаючыся прыцягальнай сіле. Яны плавалі назад і ўперад па акіяне сусвета, наведваючы адну планету за другой.

У рамане ўсё выходзіць праўдападобна і прывабна. Але дасканалы разлік разбурае гэту мару, не пакідаючы надзеі на ажыццяўленне падобнага праекта, бо люстра з плошчай у адзін квадратны метр павінна мець масу каля кілаграма; мы жадаем, каб пад дзеяннем светлавога ціску яно набыло скорасць, якая дае яму магчымасць свабодна вандраваць у сонечнай сістэме, г. зн.—як даведаемся далей—17 *м* за секунду. Лёгка вылічыць, што такая скорасць можа накапіцца пад дзеяннем светлавога ціску толькі ў... 130 год!

Праўда, зрабіўшы люстру з самага лёгкага метала—літыю, пры таўшчыні 0,1 міліметра, мы мелі-б на квадратны метр яго масу ў 50 *г*. Тэрмін накаплення касмічнай скорасці для такой люстры (але не для апарата, які цягнецца ім) скарачаецца ў 20 разоў. Практычна гэта не мяняе справы: ясна, што пры падобных тэмпах змен скорасці манеўраванне касмічным караблём немагчыма.

Скарыстаць светлавы ціск можа было-б, бадай, усяго для перамяшчэння так званай неземнай станцыі, аб якой гутарка будзе ў нас наперадзе (гл. старонку 78 і наступную, раздзел „Штучны Месяц").

Так-жа сама безнадзейна стаіць пытанне з праектам ужыць для гэтай мэты радыёхвалі, якія пасылаюцца з Зямлі ў сусветную прастору. Па-першае, за знешнія граніцы земнай атмасферы можа прабіцца ў лепшым выпадку толькі нязначная частка пасланых электрамагнітных прамянёў (гл. аб гэтым артыкул „Міжпланетавая сігналізацыя" у Дадатках да кнігі). Калі для руху зоркалёта з'яўляецца недастатковай механічнай энергія сонечнага выпраменьвання, дык што сказаць аб выпраменьванні земных радыёстанцый? Што-ж

датычыцца кіравання міжпланетавым караблём па радыё, дык і аб гэтым таксама гаварыць не прыходзіцца, таму што такое кіраванне магчыма было-б толькі ў выпадку, калі-б карабель меў у сабе механізм для руху ў пустой прасторы,—а ў гэтым-жа і ўся задача.

VI. З гарматы на Месяц.

Тэорыя.

Нябесныя сілы адмовіліся нам дапамагчы. Застаецца разлічваць толькі на магутнасць чалавечай тэхнікі, якая перамагла ўжо нямала прыродных перашкод. Ці знойдзем мы ў ёй прыладу досыць магутную, каб разарваць ланцугі цяжару і рынуцца ў прастору светабудовы для даследвання іншых светаў?

Рыс. 7. Францускі раманіст Жуль Верн.

Трэба было ўладаць арыгінальным розумам Жуля Верна, каб у смертаноснай прыладзе—у гармаце—убачыць сродак узняцца „жывым на неба“. Большасць людзей не ўяўляе сабе, што з механічнага пункта гледжання гармата—самая магутная з усіх машын, якія створаны да гэтага часу чалавечым вынаходніцтвам. Парахавыя газы, якія ўтвараюцца ў канале гарматы пры страле, робяць на знарад ціск у 2—3 тысячы кілаграмаў на квадратны сантыметр: гэта ў некалькі разоў перавышае страшэнны ціск масы вады ў наглыбейшых бяздоннях акіяна. Каб ацаніць работаздольнасць сучаснай гарматы ў адзінках магутнасці, г. зн. у конскіх сілах, разгледзім саракасантыметравую гармату, якая выкідае знарад у 600 *кг* са скорасцю 900 *м* за секунду. „Жывая сіла“ такога знарада—паўздабытак масы на квадрат скорасці—складае каля 24000000 кілаграма-метраў. Калі прыняць пад увагу, што такі велізарны запас работы развіваецца ў працягу нязначнай часткі секунды—у даным выпадку 30-й,—дык выявіцца, што секундная работа, якая выконваецца гарматай, г. зн. яе магутнасць, вызначаецца лікам 10 мільёнаў конскіх сіл. Тым часам магутнасць машын найвялікшага акіянскага парахода („Эўропа“) толькі 100 тысяч конскіх сіл; спатрэбілася-б сотня рухавікоў гэтага гіганта, каб выканаць механічную работу, што ўтвараецца парахавымі газамі гарматы ў працягу поўнай секунды.

Не без падставы, як бачым, прапаноўваў францускі раманіст іменна пры дапамозе гарматы развязаць праблему заатмасферных палётаў. У сваіх раманах ён пакінуў нам самы папулярны праект

міжпланетавых падарожжаў. Хто ў юнацтве не падарожнічаў з яго героямі на Месяц унутры ядра гарматы?

Дасціпная ідэя, распрацаваная нябожчыкам раманістам у двух творах—„От Земли до Луны“ и „Вокруг Луны“ [1]), заслугоўвае большай увагі, чым тая, якая звычайна ёй удзяляецца. Захапіўшыся фабулай рамана, чытачы маюць схільнасць няправільна ацэньваць іх асноўную мысль, лічучы яе фантастычнай там, дзе яна рэальна, і ажыццявімай там, дзе яна нязбытная. Разгледзім-жа ніжэй праект Жуля Верна як тэхнічную ідэю.

Прызнаюся, не без хваляваньня бяруся я за строгі разгляд прывабных твораў цікавага раманіста. За шэсць дзесяткаў год, што мінулі з часу з'яўлення (1865—1870 гг.) гэтых твораў, якія ўзнагароджаны прэміяй акадэміі, яны паспелі стаць улюбёным чытаннем моладзі ўсіх краін. У гады майго юнацтва яны запалілі ў мяне ўпяршыню жывы інтарэс да „царыцы навук“—астраноміі; не сумняваюся, што тым-жа самым абавязаны ім і многія тысячы іншых чытачоў. І калі я адважваюся ўсадзіць анатамічны нож у паэтычны твор раманіста, дык пацяшаю сябе думкай, што пераймаю толькі прыклад яго таленавітага адназемца, вядомага фізіка Шарля Гільома [2]).

Вы маеце няправільнае ўяўленне аб навуцы, калі лічыце, што яна бязлітасна падсякае крыллі выбражэнню і прызначае нас поўзаць у абыдзённасці штодзённага жыцця. Бясплоднай Сахарай было б поле навуковых даследванняў, калі-б вучоныя не карысталіся паслугамі выбражэння, не ўмелі адцягвацца думкамі ад света бачнага, каб ствараць мысленыя выбражальныя вобразы. Ні аднаго кроку не робіць навука без выбражэння; яна пастаянна жывіцца пладамі фантазіі, але фантазіі навуковай, якая малюе выбражальныя вобразы з усёй магчымай выразнасцю.

Навуковы разгляд рамана Жуля Верна не з'яўляецца таму сутычкай сапраўднасці з фантазіяй. Не, гэта выпярэдніцтва двух радоў выбражэння—навуковага і ненавуковага. І перамога застаецца за навукай зусім не таму, што раманіст занадта многа фантазіяваў. Наадварот, ён фантазіяваў недастаткова, не дабудаваў да канца сваіх мысленых вобразаў. Фантастычны малюнак міжпланетавага падарожжа, які створан ім, пакутуе недаапрацаванасцю. Нам прыдзецца папоўніць гэтыя падрабязнасці, якіх не хапае, і не наша віна, калі не ўлічаныя рысы істотна змяняюць увесь малюнак.

Ці трэба пераказваць змест рамана, які ва ўсіх у памяці? Напомню толькі сцісла словамі самога Жуля Верна галоўныя акалічнасці, якія нас цікавяць.

„У 186.. годзе ўвесь свет быў у вышэйшай ступені усхвалёваны адным навуковым доследам, першым і зусім арыгінальным ў лета-

---

[1]) Ёсць рускі пераклад пад рэдакцыяй і з заўвагамі Я. І. Перэльмана; пераклад вышаў у 1928 г. у выданні „Земли и Фабрики“.

[2]) Гл. апошні раздзел яго „Initiation à la Mécanique“ (ёсць рускі пераклад пад назвай „Введение в механику“ Дзярж. Выдав.).

пісах навукі. Членьі Гарматнага клуба, які асновавы артылерыстам ў Балтыморы пасля амерыканскай вайны[1]), надумаліся наладзіць зносіны з Месяцам,—так, з Месяцам—паслаўшы ў яго знарад. Іх старшыня, Барбікен, ініцыятар прадпрыемства, параіўшыся наконт гэтага з астраномамі Кембрыджскай (у Паўночнай Амерыцы) абсерваторыі, ужыў усе неабходныя захады, каб забяспечыць гэта незвычайнае прадпрыемства.

„Згодна ўказанняў, якія былі даны членамі абсерваторыі, гармата, з якой будзе зроблены стрэл, павінна быць устаноўлена ў краіне, якая знаходзіцца між 0° і 28° паўночнай або паўднёвай шырыні, каб можна было навесці яе на Месяц у зеніце. Знараду павінна быць дана першапачатковая скорасць у 16000 метраў за секунду. Выпушчаны 1 снежня а 10-ай гадзіне 40 секунд увечары, ён павінен дасягнуць мэты праз 4 дні пасля свайго адпраўлення, 5 снежня роўна ў поўнач, у той самы момант, калі Месяц будзе знаходзіцца ў сваім перыгеі, г. зн. на бліжэйшай адлегласці ад Зямлі.

„Парашылі, што: 1) знарад будзе станавіць сабою алюмініевую гранату дыяметрам у 275 *см*, з сценкамі таўшчынёю ў 30 *см*, і будзе важыць 9 *т*; 2) гармата будзе чыгунная, даўжынёю 275 *м*, і будзе адліта проста ў зямлі; 3) на зарад будзе ўзята 107 *т* піраксіліну, які, развіўшы пад знарадам шэсць мільярдаў літраў газу, лёгка дакіне яго да начнога свяціла.

„Калі гэтыя пытанні былі развязаны, старшыня клуба, Барбікен, выбраў месца, дзе пасля страшэннай работы была цалкам паспяхова адліта гэта колумбіяда (гармата).

„У такім становішчы знаходзіліся справы, калі адбылася падзея, якая ў сто разоў павялічыла інтарэс, што быў узбуджаны гэтым вялікім прадпрыемствам.

„Адзін француз, фантаст-парыжанін, разумны і адважны, папрасіў пасадзіць яго ў гармату, бо ён хоча трапіць на Месяц і пазнаёміцца з земным падарожнікам[2]) Ён заміры́ў старшыню Барбікена з яго смяротным ворагам, капітанам Ніколем; і ў знак замірэння ўгаварыў іх адправіцца разам з ім у знарадзе. Прапанова была прынята. Змянілі форму знарада. Цяпер ён стаў цыліндра-канічным. Гэты род паветранага вагона забяспечылі моцнымі пружынамі і перагародкамі, якія лёгка разбіваліся і павінны былі паслабіць сілу штуршка пры стрэле. Узялі харчу на год і вады на некалькі месяцаў, газу на некалькі дзён. Асобны аўтаматычны апарат вырабляў і дастаўляў паветра, якое неабходна для дыхання тром падарожнікам.

„1 снежня ў прызначаную гадзіну, у прысутнасці незвычайнага натоўпу гледачоў, пачаўся палёт,—і ўпяршыню 3 чалавечых іс-

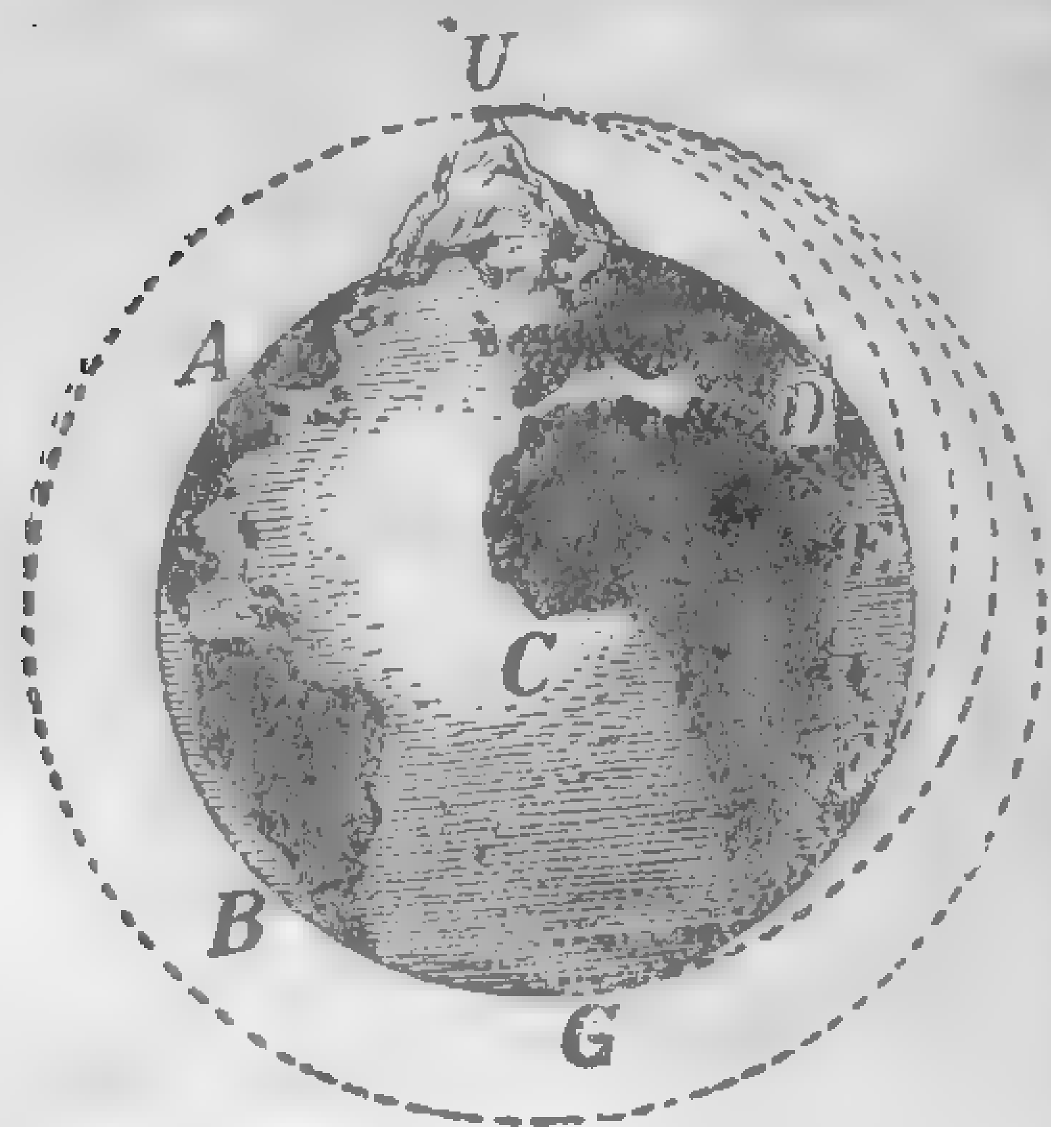
---

1) Паўднёвых і паўночных штатаў.—*Я. П.*

2) У рамане ён фігуруе пад імем Ардана,—праэрысты псеўдонім вядомага французскага аэранаўта і фатаграфа Надара (Фелікса Турнашона), які і з'явіўся праабразам гэтага персанажа.—*Я. П.*

тоты, пакінуўшы земны шар, панесліся ў сусветную прастору з поўнай упэўненасцю, што дасягнуць сваёй мэты".

Перш за ўсё нам належыць абмеркаваць, зразумела, пытанне аб тым, на колькі рэальна сама ідэя закінуць гарматны знарад на Месяц. Мысль аб магчымасці кінуць цела з такой скорасцю, якая назаўсёды панесла-б яго з Зямлі, здаецца многім зусім недарэчнай. Большасць людзей прызвычаіліся лічыць, што ўсякае цела, якое кінута ўгару, абавязкова павінна зваліцца назад. Такім людзям ідэя Жуля Верна аб пасылцы знарада на Месяц здаецца абсурднай і беспадстаўнай. Ці можна сапраўды надаць земнаму целу такую скорасць, каб яно назаўсёды пакінула нашу планету? Механіка дае на гэтае пытанне безумоўна станоўчы адказ.



Рыс. 8. Выабражальны дослед Н'ютона з гарматай.

Дамо слова Н'ютону. У сваіх „Матэматычных асновах фізікі", фундаманце сучаснай механікі і астраноміі, ён пісаў (Кніга 1 раздзел I, вызначэнне V):

„Калі свінцовае ядро, якое кінута гарызантальна сілай пораху з гарматы, што пастаўлена на вяршыні гары, адлятае па крывой—перш чым зваліцца на зямлю—на дзве мілі, дык (дапускаючы, што супраціўлення паветра няма), калі кінуць яго з падвойнай скорасцю, яно адляціць прыблізна ўдвая далей; калі ў дзесяць разоў скарэй, дык у дзесяць разоў. Павялічваючы скорасць, можна паводле жадання павялічыць і дальнасць палёта і паменшыць крывізну лініі, па якой ядро рухаецца; такім чынам можна было-б прымусіць яго ўпасці на адлегласці 10°, 30° і 90°; можна прымусіць яго абкружыць усю Зямлю і нават выйсці ў нябесныя прасторы і працягваць аддаляцца да бесканечнасці".

Такім чынам, ядро, якое выкінута гарматай, што выабражае Ньютон, пры вядомай скорасці безупынна кружылася б вакол нашай планеты, накшталт маленькага Месяца. Мы можам вылічыць, якая пачатковая скорасць патрэбна для такога палёта ядра. Вылічэнне гэта (калі не ўзяць пад увагу супраціўленне атмасферы) настолькі простае, наколькі цікавы яго рэзультат.

Каб знайсці шуканую скорасць, мы павінны ведаць аб тым, чаму ядро, якое выкінута гарматай гарызантальна, падае нарэшце на Зямлю. Таму, што земнае прыцяжэнне скрыўляе шлях ядра,—знарад ляціць не па простай лініі, а па крывой, якая ўпіраецца ў земную паверхню. Калі-б мы маглі паменшыць крывізну шляху ядра на

столькі, каб зрабіць яго аднолькавым з крывізной земнай паверхні дык ядро ніколі на Зямлю не пала-б; яно вечна неслася-б па крывой, канцэнтрычнай з акружынай нашай планеты. Гэтага можна дамагчыся, надаўшы ядру дастатковую скорасць, і мы зараз вызначым якую. Зірнеце на рысунак 9, які паказвае размер земнага шара. Знарад, які выкінуты гарматай з пункта A па датычнай, праз секунду быў-бы, скажам, у пункце B, калі б не дзеянне земнага прыцяжэння. Цяжар мяняе справу, і пад яго ўплывам знарад праз секунду апыніцца не ў B, а ніжэй настолькі, насколькі ўсякае свабоднае цела апускаецца за першую секунду свайго падання, г. зн. на 5 *м*. Калі, апусціўшыся на гэтыя 5 *м*. знарад апынецца над узроўнем Зямлі роўна настолькі, наколькі і ў пункце A, дык, значыць, ён ляціць паралельна земнай паверхні, не набліжаючыся і не аддаляючыся ад яе. Гэта і ёсць тое, чаго мы жадаем дамагчыся. Застаецца вылічыць толькі даўжыню AB, г. зн. шлях знарада за адну секунду; рэзультат і дасць шуканую секундную скорасць ядра. Вылічэнне можа быць выканана паводле тэарэмы Піфагора. У прамавугольным трохвугольніку ABO лінія AO ёсць земны радыус, які раўняецца 6371000 *м*. Адрэзак OC раўняецца AO, адрэзак $BC = 5$ *м*; выходзіць, $OB = 6371005$ *м*.

Рыс. 9. Вылічэнне скорасці ядра, якое павінна вечна кружыцца вакол Зямлі.

Згодна тэарэмы Піфагора маем:

$$6371005^2 = 6371000^2 + AB^2.$$

Адсюль ужо лёгка вылічыць шуканую велічыню скорасці:

$$AB = 7900 \text{ м}.$$

Выходзіць, калі-б гармата магла надаць ядру пачатковую скорасць у 8 *км* за секунду, дык пры адсутнасці супраціўлення атмасферы, такое ядро ніколі не ўпала-б на Зямлю, а вечна вярцелася-б вакол яе. Пралятаючы за кожную секунду 8 *км*, яно на працягу 1 гадзіны 23 мінуты здолела-б апісаць поўны круг і вярнулася-б у пункт вылёта, каб распачаць новы круг і г. д.

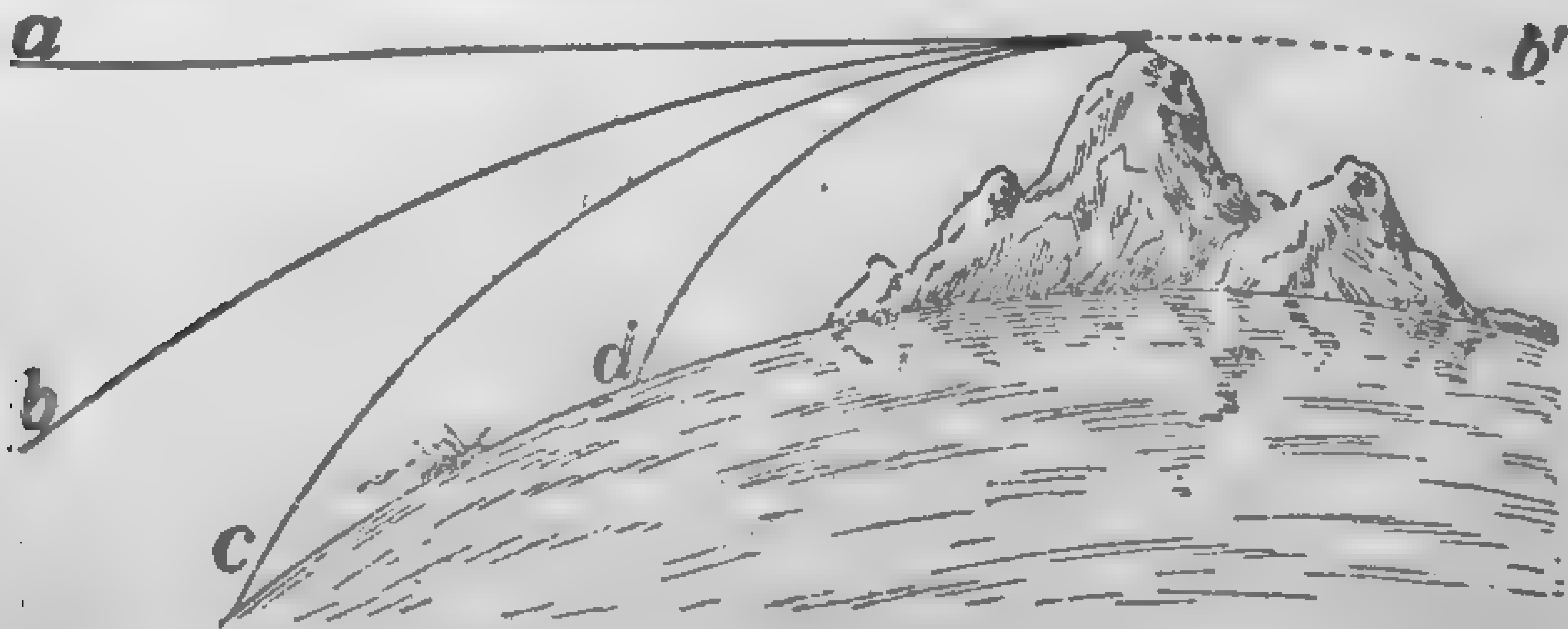
Гэта быў-бы сапраўдны спадарожнік земнага шара, наш другі Месяц, больш блізкі і больш шпаркі чым першы. Яго „месяц" раўняўся-б усяго толькі 1 гадзіне 23 мінутам. Ён нёсся-б у 17 разоў хутчэй за любы пункт земнага экватара, і калі вы прыпомніце тое, што гаварылася вышэй аб паслабленні цяжару ў выніку вярчэння Зямлі (гл. стар. 17—18) дык вам стане яшчэ больш ясна, чаму ядро наша не падае на Зямлю. Мы ведаем, што калі б земны шар вярцеўся ў 17 разоў хутчэй, дык целы на экватары цалкам-бы страцілі сваю вагу, скорасць-жа нашага ядра—8 *км* за

секунду— якраз у 17 разоў большая за скорасць пунктаў земнага экватара.

Чалавечы гонар павінен быць задаволен тым, што мы маем магчымасць—праўда, усяго тэарэтычную—падарыць Зямлі маленькага, але ўсё ж сапраўднага спадарожніка. Палкі герой Жуль-Вернава „Падарожжа на Месяц“, артылерыст Мастон, не без падставы сказаў, што ў стварэнні гарматнага ядра чалавек праявіў вышэйшую ступень магутнасці: „Стварыўшы гарматнае ядро, чалавек стварыў падобнасць нябесных свяціл, якія нясуцца ў прасторы і па сутнасці з'яўляюцца тымі ж ядрамі“. Яшчэ больш справядліва гэта параўнанне з нябеснымі свяціламі для таго ядра, якое адсылаецца ў сусветную прастору. Гэта новае нябеснае цела, пры сваёй мініатурнасці, будзе не горш як усе астатнія, падпарадкоўвацца тром законам Кеплера, якія кіруюць нябеснымі рухамі. Няма і гутаркі, што ядро гарматы—прадмет „земны“: набыўшы тэхнічную скорасць, яно ператвараецца ў сапраўднае нябеснае цела.

Рыс. 10. Штучны спадарожнік Зямлі—гарматнае ядро.

Выходзіць, надаўшы гарматнаму ядру пачатковую скорасць 8 *км* за секунду, мы ператвараем яго ў маленькае нябеснае цела, якое,

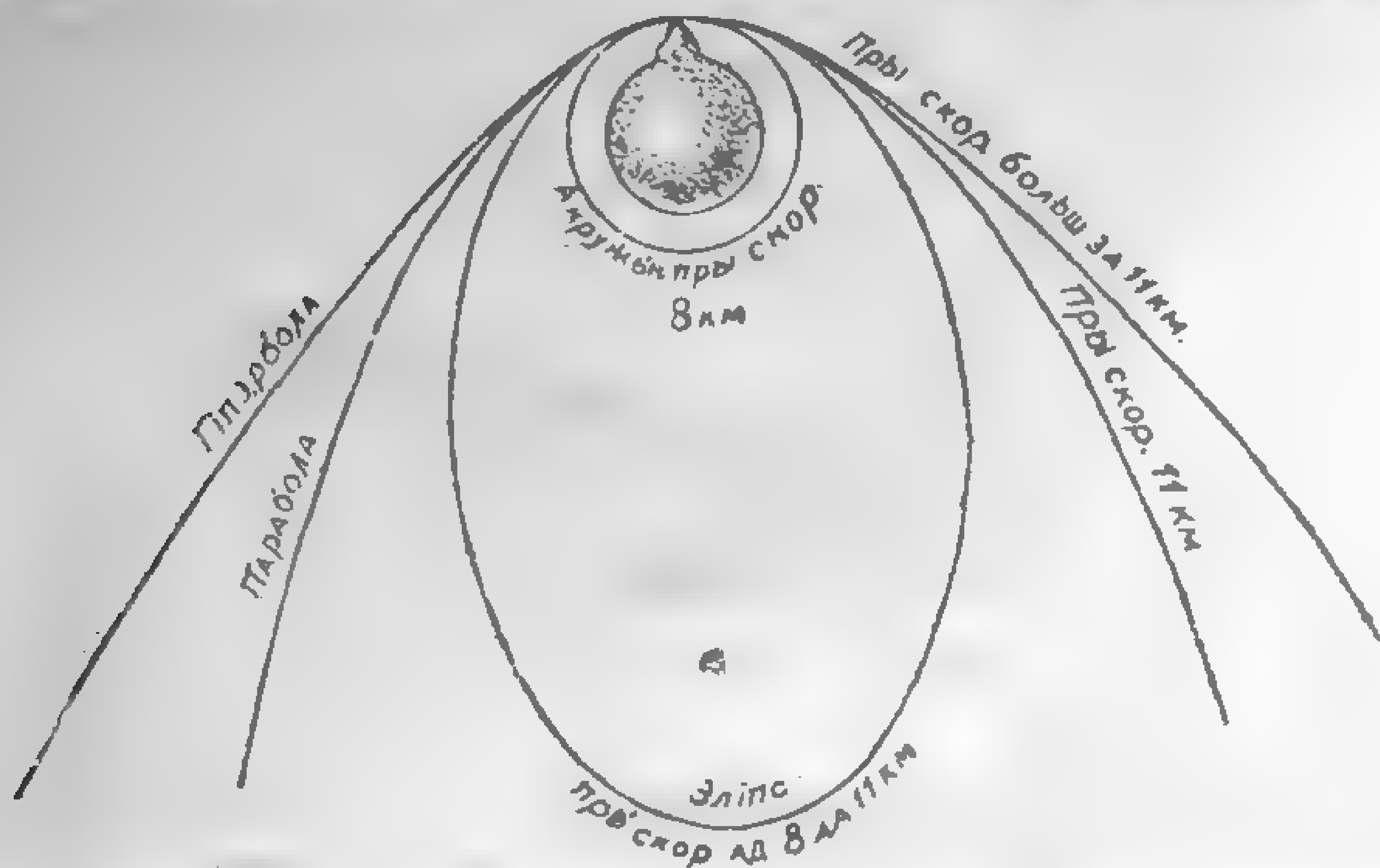


Рыс. 11. Лёс ядраў, якія выкінуты гарматай з вельмі вялікімі скорасцямі.

перамогшы земнае прыцяжэнне, ужо не зварочваецца на Зямлю. Што ж будзе, калі надаць ядру яшчэ большую пачатковую скорасць? У нябеснай механіцы даводзіцца, што пры пачатковай секунднай скорасці ў 8, 9, 10 *км,* ядро, якое гарызантальна кінута гарматай,

будзе апісваць вакол Зямлі не акружыну, а эліпс—тым больш выцягнуты, чым большыя пачатковыя скорасці; цэнтр Зямлі займае адзін з фокусаў гэтага эліпса.

Калі ж мы давядзем пачатковую скорасць прыблізна да 11 *км*, эліпс абернецца ўжо ў незамкнёную крывую—у парабалу. Больш дакладна кажучы, ён павінен быў-бы ператварыцца ў парабалу, калі-б Зямля была адзіным целам, прыцяжэнне якога ўплывае на шлях нашага ядра. Магутнае прыцяжэнне Сонца таксама дзейнічае



Рыс. 12. Якія шляхі павінны апісваць у пустой прасторы целы, што кінуты з Зямлі гарызантальна з скорасцю звыш 8 *км* за секунду.

на ядро і перашкаджае яму аддаліцца ў бесканечнасць. Ядро, якое кінута з паказанай скорасцю ў кірунку гадавога руху Зямлі, ухіліцца ад падання на Сонца і будзе вечна абарочвацца вакол яго, падобна земнаму шару і іншым планетам. У астранамічным сэнсе яно павысіцца ў ранзе: з спадарожніка Зямлі ператворыцца ў спадарожніка Сонца, у самастойную планету. Чалавечая тэхніка падорыць сонечнай сістэме новага мініятурнага члена.

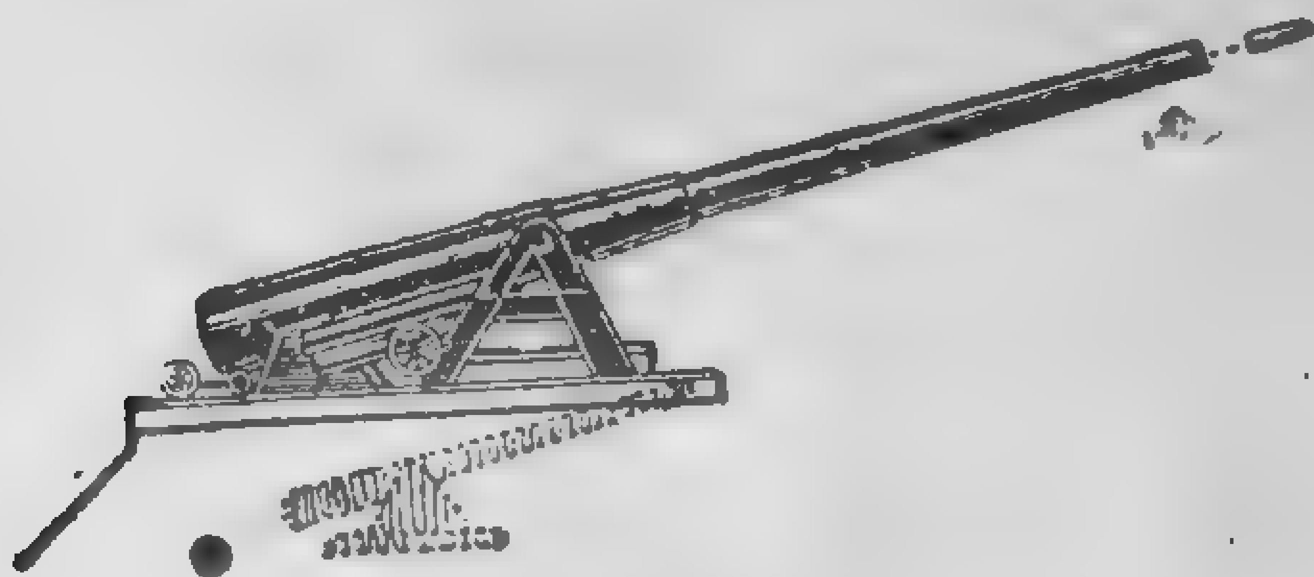
Дзеля прастаты мы пачалі з разгляду цела, якое кінута гарызантальна. У нябеснай механіцы даказваецца, аднак, што тыя-ж вывады справядлівы і для цела, якое кінута пад любым вуглом да гарызонта, нават проставесна, як ядро ў романе Жуля Верна. Ва ўсіх выпадках пры дастатковай скорасці ядро пакідае Зямлю назаўсёды і ляціць у сусветную прастору.

Вось якія цудоўныя магчымасці адкрывае перад намі тэорыя. Што-ж гаворыць яе незгаворлівая сястра—практыка. Ці ў стане сучасная артылерыя ажыццявіць гэтыя магчымасці?

Пакуль што яшчэ не. Самыя магутныя з нашых гармат не маюць сілы надаць сваім знарадам гэткіх велізарных скорасцяй. Знарад сучаснай звыш-дальнабойнай гарматы пакідае жарало з па-

чатковай скорасцю, якая дасягае каля 1,5 *км*. Гэта ў 7 разоў павольней, чым патрэбна, каб закінуць ядро з Зямлі на Месяц.

Пераход ад 1,5 да 11, як быццам, не такі ўжо значны. Тэхніка на пераможным шляху сваім перамагла значна большую дыстанцыю, калі замяніла старажытныя катапульты магутнымі гарматамі сучаснай артылерыі. Рымскія лёгіянеры назвалі-б вар'ятам кожнага, хто сказаў бы, што іх патомкі будуць перакідваць ядры ў тону вагой на адлегласці 40 і больш кіламетраў. Наўрад ці мог нават Жуль Верн думаць, што праз паўстагоддзя, германцы будуць абстрэльваць Парыж з 120 кіламетравай адлегласці... Энергія, якая выкідае знарад з буйнай гарматы, у дзесяткі мільёнаў разоў перавышае энергію чалавека, які няўзброенай рукою кідае камень. Калі мы



Рыс. 13. Звышдальная гармата германскай артылерыі (1918 г.). Унізе—16 дзюймавая гармата 30 метраў даўжыні.

маглі так галавакружальна далёка перавысіць сілу першабытнага дзікуна, дык ці рэальна ставіць якія-небудзь граніцы далейшаму росту магутнасці артылерыйскай тэхнікі? Некаторыя спецыялісты лічаць ужо і цяпер магчымым дасягнуць у артылерыі касмічных скорасцяй. „Калі б,—пісаў адзін з даследчыкаў заатмасфернага лятання (Макс Валье),—знайшоўся мільярдэр, які ўзяў бы на сябе ўсе расходы, дык мы (немцы) маглі-б даручыць пабудову гарматы для абстрэла Месяца тым інжынерам, якія пабудавалі гармату, што абстрэльвала Парыж на адлегласці ў 120 кіламетраў“.

Прыкра, канечна, што зямны цяжар гэтакі значны. На Месяцы напружанне цяжару ў 6 разоў слабей, чым на Зямлі, і зусім адсутнічае атмасфера, якая з'яўляецца сур'ёзнай перашкодай для палёта ядра; таму там для ператварэння ядра ў спадарожнік амаль досыць было-б адной з тых дальнябойных гармат, якія наша тэхніка ўжо мае ў даны момант (патрэбна пачатковая скорасць 1,7 *км* за секунду). А на спадарожніку Марса—на маленькім Фабасе—можна проста кінуць камень рукою каб ён ніколі ўжо не ўпаў назад.

Аднак, мы жывём не на Фабасе і не на Месяцы, а на Зямлі. Нам неабходна з гэтае прычыны дабівацца секунднай скорасці каля 13—17 *км*, каб мець магчымасць перакідваць гарматныя ядры на іншыя планеты. Ці дасягнем мы гэтага калі-небудзь?

VII. З гарматы на Месяц.

Практыка.

Значыць, ці можна спадзявацца на тое, што артылерыя калі-небудзь здзейсніць смелы замысел членаў Гарматнага клуба, які падсказала ім фантазія Жуля Верна?

Не,—і вось чаму.

Няцяжка здагадацца, што газы, якія ўтвараюцца пры ўзрыве гарматнага знарада, могуць надаць гэтаму знараду скорасць ніякім чынам не большую, чым тая, якою яны ўладаюць самі. Энергію руху газы гэтыя чарпаюць з запаса хімічнай энергіі зарада. Ведаючы гэта, можна вылічыць тую гранічную скорасць, якую дадзеная ўзрыўная матэрыя здольна надаць артылерыйскаму знараду. Чорны порах, напрыклад, вылучае пры гарэнні 685 вялікіх калорый на кілаграм сваёй масы. У адзінках механічнай энергіі гэта адпавядае—лічучы па 427 кілаграмаметраў на калорыю—290000 кілаграмаметраў. З прычыны таго, што жывая сіла кілаграма матэрыі, якая рухаецца са скорасцю v, роўна $\frac{v^2}{20}$ кілаграмаметраў, дык маем раўнанне:

$$290000=\frac{v^2}{20},$$

адкуль $v=2400$ *м* за секунду. Значыць, найбольшая скорасць, якую чорны порах здольны надаць знараду,— 2400 *м* за секунду ніякія ўдасканаленні агнястрэльнай зброі не перавысяць гэтай мяжы.

З усіх вядомых нам узрыўных матэрый найбольшы запас энергіі мае нітрагліцэрын: 1580 вялікіх калорый на кілаграм (піроксілін, які адправіў на Месяц герояў Жуля Верна, развівае пры выбуху ўсяго 1100 калорый). У пераводзе на механічную энергію атрымаем 670000 кілаграмаметраў, а з раўнання

$$670000=\frac{v^2}{20}$$

даведаемся адпаведную гранічную скорасць знарада: 3660 *м* за секунду. Як бачыце, гэта яшчэ далёка ад тых 11—18 кіламетраў за секунду, якія патрэбны для стрэлу ў сусветную прастору.

Але калі для надання артылерыйскаму знараду касмічнай скорасці не падыходзяць сучасныя ўзрыўныя матэрыі, дык ці нельга спадзявацца на тое, што хімія забяспечыць нас калі-небудзь больш магутнымі ўзрыўнымі саставамі. Аднак, хімікі даюць наконт гэтага мала вестак, якія б маглі падтрымаць надзею. „Нельга чакаць значнага поспеха ў вынаходніцтве моцных узрыўных матэрый. Нашы ўзрыўныя матэрыі і без таго даюць вельмі многа цяплыні і прыводзяць да вельмі высокіх тэмператур... Цяжка спадзявацца, каб

хімічнымі спосабамі можна было выйсці далёка за межы гэтых тэмператур. Такім чынам нельга разлічваць вынайсці ўзрыўныя матэрыі, якія давалі-б шмат больш работы за сучасныя“ (Е. Шилов. „Пределы силы взрывчатых веществ“).

Як бачым, гармата, набітая ўзрыўнымі саставамі, зусім непрыдатна для абстрэла сусветнай прасторы і назаўсёды застанецца такою. Але можа быць гэта будзе ажыццёўлена калі-небудзь гарматамі электрамагнітнымі, чуткі аб вынаходніцтве якіх пранікалі ў друк? Тут мы ўступаем ў абсяг невядомага.

Будзем аптымістамі і станем спадзявацца, што гэта невядомае дасць поспех і дапаможа людзям з цягам часу перакінуць знарад на Месяц. Калі-б пытанне было толькі ў гэтым, калі-б мы шукалі способа ўстанавіць між планетамі свайго рода нябесную пошту, адпраўляць у далёкія светы пасылкі для невядомых адрэсатаў, дык задача вырашалася-б электрамагнітнай гарматай зусім здавальняюча.

Але мы клапаціліся пакуль толькі аб ядры, аб тым, каб яно паляцела досыць шпарка і дасягло сваёй мэты. Падумаем зараз і аб тым, што будзе адбывацца ўнутры ядра. Бо ядро наша—не просты артылерыйскі знарад; гэта свайго рода вагон, у якім знаходзяцца жывыя істоты. Які лёс чакае іх пры палёце?

Тут, а зусім не ў самой мыслі перакінуць ядро на Месяц, хаваецца слабае месца вабнага праекта Жуля Верна.

Небывалае падарожжа павінна было прайсці для пасажыраў Жуля Вернава ядра далёка не так добра, як апісана ў рамане. Не лічэце толькі, што небяспека пагражае ім у часе падарожжа ад Зямлі да Месяца. Ані! Калі-б пасажырам удалося застацца жывымі да моманту, калі яны пакінуць канал ґарматы, дык у далейшым падарожжы ім нечага было-б баяцца. У акіяне сусвета няма ні навальніц, ні хваль, ні хістання. Сустрэча з метэорам вельмі мала праўдападобна; той другі спадарожнік зямлі, які чуць не загарадзіў шлях знараду Жуля Верна, у сапраўднасці не існуе. А велізарная скорасць, з якой пасажыры ляцелі-б у сусветнай прасторы разам з іх вагонам, была-б такой жа няшкоднай для іх, як няшкодна для нас, жыхароў Зямлі, тая секундная скорасць у 30 *км*, з якой мы ляцім вакол Сонца.

Небяспечны момант для Жуль Вернавых спадарожнікаў становяць тыя сотыя долі секунды, у працягу якіх ядро-вагон будзе рухацца ў канале самой гарматы. У гэты мізэрна малы прамежак часу скорасць руху пасажыраў павінна неймаверна ўзрасці: ад 0 да 16 *км*[1]). Героі рамана цалкам мелі рацыю, калі сцвярджалі, што момант, калі ядро паляціць, будзе такі-ж небяспечны для іх, як тады, калі-б яны знаходзіліся не ўнутры ядра, а проста перад ім. Сапраўды, у момант стрэла ніжняя пляцоўка (падлога) каюты па-

---

1) Жуль Верн выбраў для ядра такую скорасць з разліку перамагчы не толькі сілу цяжару, але і супраціўленне атмасферы.

вінна ўдарыць пасажыраў з такой-жа сілаю, з якой-бы ядро ўдарыла на кожнае цела, што знаходзіцца перад ім. Дарэмна пасажыры выбражалі, што перанясуць толькі моцныя прылівы крыві да галавы.

Справа нязмерна больш сур'ёзная. Зробім нескладаны разлік. У канале гарматы ядро рухаецца прыскорана,—скорасць яго павялічваецца пад пастаянным напорам газаў, якія ўтвараюцца пры ўзрыве; у працягу мізэрнай долі секунды яна ўзрастае ад 0 да 16 *км*. Якое-ж вялікае „прыскарэнне" гэтага руху, г. зн. на якую велічыню нарастае тут скорасць у працягу поўнай секунды? Няма і гутаркі, што рух працягваецца толькі малую частку секунды: разлік можна весці на цэлыя секунды. Аказваецца [1]), што секунднае „прыскоранне" ядра, якое слізгае ў канале гарматы, выражаецца вялізарным лікам—640 *км*. Для параўнання напомню, што секунднае прыскарэнне кур'ерскага цягніка, які рушыцца з месца—не большае за адзін метр.

Усё значэнне гэтага ліку—640 *км* за секунду—мы ўявім тады, калі параўнаем яго с прыскораннем падаючага цела на земнай паверхні, прыскораннем, якое складае ўсяго каля 10 *м*, г. зн. у 64000 разоў меней. Гэта значыць, што ў момант стрэла кожны прадмет унутры знарада прыцiскаўся-б да дна ядра з сіла, якая ў 64000 разоў большая за вагу самаго прадмета. Пасажыры пачалі-б адчуваць, што раптоўна зрабіліся ў дзесяткі тысяч разоў цяжэй. Цыліндр містэра Барбікена адзін важыўбы дзесяткі тон. Праўда, гэта цягнулася б усяго 40-ю частку секунды, але можна не сумнявацца, што пад дзеяннем такога гіганцкага цяжару людзі былі-б літаральна расплюснуты. Нічога-б не дапамаглі ўсе мерапрыемствы, ужытыя героямі Жуля Верна для паслаблення сілы ўдара: пружынныя буферы і падвойнае дно з вадой. Працяжнасць удара ад гэтага, праўда, расцягваецца і, значыць, быстрыня нарастання скорасці памяншаецца. Але пры тых велізарных велічынях, з якімі даводзіцца мець тут справу, выгада атрымліваецца мізэрная: сіла, якая прыцiскае пасажыраў да падлогі, памяншаецца ўсяго на якую-небудзь сотую частку, не больш.

Ці няма сродкаў унікнуць пры ўзрыве няўхільнай шпаркасці нарастання скорасці[2]).

Гэтага можна было-б дасягнуць вельмі значным падаўжэннем канала гарматы. Лёгка пераканацца вылічэннем (гл. Дадаткі), што калі, напрыклад, мы жадаем мець „штучны" цяжар ўнутры ядра ў момант стрэла, роўны звычайнаму цяжару на земным шары, нам трэба зрабіць гармату даўжынёю ні мала, ні многа—на 6000 кіламетраў. Жуль Вернава калумбіяда павінна была-б праходзіць у глыбіню земнага шара амаль да самага цэнтра, каб пасажыры былі пазбаўлены ад усякіх няпрыемнасцяй: яны адчулі-б толькі, што сталі ўдвая цяжэй.

---

1) Гл. разлікі ў канцы кнігі, у аддзеле Дадаткаў, стар. 129-130.

2) Па сутнасці гэта вялізарнае паскоранне ёсць толькі другая назва для таго, што мы завем страсеннем пры ўдары ядра аб перашкоду.

Трэба заўважыць, што чалавечы арганізм у працягу вельмі кароткага прамежку часу без усякай шкоды пераносіць павялічэнне ўласнага цяжару ў некалькі разоў. Калі мы скочваемся з лёдавай гары ўніз і тут шпарка мяняем кірунак свайго руху, дык у гэты кароткі момант вага наша павялічваецца разоў у дзесяць (г. зн. цела наша ў дзесятак разоў мацней як звычайна прыціскаецца да санак)... „Мне вядомы выпадак,—паведамляе германскі даследчык праблемы зоркаплавання прафесар Г. Оберт,—калі пажарны саскочыў з 25-метравай вышыні і зваліўся ў ляжачым стане на нацягненую пасцілку, ушчэнуўшы яе на цэлы метр, і гэты скок не меў для яго ніякіх шкодных вынікаў. Прыскоранне, якое ён меў у часе ўдара, дасягала 240 *м* за секунду (у 24 разы больш за нармальнае прыскарэнне цяжару)". Калі нават дапусціць, што чалавек можа без шкоды пераносіць у працягу кароткага часу павялічэнне сваёй вагі ў 20 разоў, дык для адпраўлення людзей на Месяц досыць будзе адліць гармату на 300 *км* даўжынёю. Аднак і гэта мала задавальняе, таму што падобная пабудова ляжыць за межамі тэхнічнай дасяжнасці. Не кажу ўжо аб тым, што сіла, якая выкідае з такой надзвычай доўгай гарматы, павінна значна паменшыцца ў выніку церця ядра ў 300-кіламетравым канале гарматы.

Фізіка ўказвае і на другі сродак паслабіць сілу ўдара. Самую крохкую рэч можна захаваць ад паламання пры страсенні, калі яе апусціць у вадкасць роўнай з ёю ўдзельнай вагі. Так, калі змясціць крохкі прадмет у пасудзіну з вадкасцю такой-жа шчыльнасці і герметычна заткнуць яе, дык падобную пасудзіну можна кідаць з вышыні і наогул рабіць самыя моцныя страсенні, пры ўмове, зразумела, што пасудзіна застаецца цэлая, і крохкі прадмет ад штуршкоў амаль не церпіць. Мысль гэтая ўпяршыню выказана К. Э. Цыалкоўскім. „Вядома,—піша ён,—што ўсё слабое, далікатна пабудаванае—зародкі,—прырода змяшчае ў вадкасці або акаляе імі... Вазьмеце шклянку з вадою, курынае яйцо і соль. Яйцо палажэце ў ваду, а соль падсыпайце ў шклянку да таго часу, пакуль яйцо не пачне ўзнімацца з дна да паверхні вады. Тады дадайце крыху вады, каб яйцо знаходзілася ў роўнавазе ва ўсякім месцы пасудзіны, г. зн. каб яно, будучы на сярэдняй вышыні, не ўзнімалася ўгару і не апускалася на дно. Цяпер ударце смела шклянкай аб стол так моцна, наколькі дазваляе моц шкла,—і ад гэтага яйцо ў шклянцы не паварушыцца. Без вады яйцо, зразумела, і пры самых слабых ударах зараз-жа колецца. Доследы гэтыя апісаны мною ў працах Маскоўскага Таварыства аматараў прыродазнаўства за 1891 год".

Не трэба думаць, аднак, што мы маглі-б з гэтага поваду ажыццявіць адважны замысел Жуль Вернавых артылерыстаў, калі-б напоўнілі ўнутранасць ядра салонай вадой сярэдняй шчыльнасці чалавечага цела, і ў гэта асяроддзе пагрузілі пасажыраў, апранутых у вадалазныя касцюмы, з запасам паветра; а пасля стрэла, калі нарастанне скорасці спыніцца і пасажыры набудуць скорасць ядра, яны маглі-б ужо выпусціць ваду і прыстасавацца ў каюце, не баю-

чыся няпрыемных нечаканасцяй. Такая мысль памылкова, таму што целы жывых істот маюць не аднародную будову: яны складаюцца з частак рознай удзельнай вагі (косці, мускулы і да т. п.), а акружыць кожную асобную частку вадкасцю адпаведнай шчыльнасці немагчыма. У прыватнасці немагчыма захаваць ад страсення мазгі, якія знаходзяцца ў каробцы чэрапа. Між тым, як паказалі доследы, іменна гэты орган заўсёды больш чуллівы да рэзкіх змен скорасці (мазгі моцна прыціскаюцца тады да ўнутраных сценак чэрапа).

Значыць, вось якія перашкоды трэба было-б перамагчы, каб ажыццявіць у сапраўднасці вабны праект Жуля Верна:

1) Прыдумаць спосаб кідаць знарады са скорасцю, якая ў 7 разоў большая за пачатковую скорасць самых шпаркіх сучасных ядраў.

2) Пабудаваць гарматы даўжынёй кіламетраў у 300.

3) Змясціць гармату так, каб жарало яе выходзіла за межы земнай атмасферы, ухіліўшыся гэтым ад супраціўлення паветра.

А ў выніку—адправіцца ў нябеснае вандраванне без ніякай надзеі вярнуцца не толькі жывым, а нават і мёртвым: толькі шчаслівая выпадковасць дапамагла героям рамана звярнуцца на Зямлю. Жуль Вернава ядро—знарад, які не кіруецца; каб даць яму новы кірунак, трэба зарадзіць ім гармату. А дзе ўзяць гармату ў сусветнай прасторы або на іншай планеце?

Міжволі ўспамінаецца глыбокае выслоўе Паскаля: „Ніхто не вандраваў-бы па свеце, калі-б не спадзяваўся калі-небудзь расказаць іншым аб тым, што бачыў“... Але іменна гэтай надзеі гармата Жуля Верна нам не пакідае.

VIII. Да зорак на ракеце.

Пасля рада расчараванняў мы падыходзім нарэшце да адзінага, сапраўды ажыццявімага праекта міжпланетавых падарожжаў. Шлях гэты ўказаны быў упяршыню рускім вучоным К. Э. Цыалкоўскім (у 1903 г.) і стаіць у баку ад усіх фантастычных замыслаў, якія разгледжаны раней. Тут перад намі ўжо не фантазія раманіста, не проста цікавая задача з абсяга нябеснай механікі, а глыбока прадуманы механічны прынцып, рэальны шлях да ажыццяўлення заатмасферных палётаў у знарадзе, якім кіруюць—зоркалёце.

Нічога не можа быць прасцей за тую мысль, якая пакладзена ў аснову гэтага праекта—рухацца, кіруючыся ў пустой прасторы без апоры. На першых лекцыях фізікі знаёмімся мы з законам „дзеяння і супроцьдзеяння“, які інакш завецца „трэцім законам Н'ютона“: сіла дзеяння заўсёды выклікае роўную ёй сілу супроцьдзеяння. Гэта-ж апошняя сіла і паможа нам паляцець у бяздонні светабудовы. Сіла супроцьдзеяння праяўляецца на кожным кроку,—магчыма іменна таму мы і не ўяўляем сабе ясна яе існавання; патрэбны асаблівыя акалічнасці, каб прымусіць мысль спыніцца на ёй.

Калі вы страляеце з стрэльбы, вы адчуваеце яе „аддачу“: ціск узрыўных газаў адкідае кулю ў адзін бок і з гэтакай-жа сілай адштурхвае стрэльбу ў адваротны бок. Калі-б стрэльба важыла столькі-ж, колькі і куля, прыклад udaraў-бы асобу, якая страляе, з такім-жа націскам, з якім ударае куля, што выпускаецца ва ўпор; кожны стралок быў-бы тады самагубцай. Але стрэльба значна цяжэй за кулю, і ў гэтулькі-ж разоў паслабляецца дзеянне зваротнага ўдара. Трэба заўсёды помніць, што наогул дзеянне яе сілы на цела залежыць ад масы гэтага цела: адна і тая-ж сіла надае грузнаму целу меншую скорасць, чым лёгкаму (адпаведна адваротным адносінам іх мас). Закон „роўнасці дзеяння і супроцьдзеяння“ не трэба разумець літаральна: само **дзеянне** амаль ніколі не раўняецца супроцьдзеянню, раўняюцца толькі **сілы**, што дзейнічаюць пры гэтым, якія могуць выклікаць вельмі розныя рэзультаты.

Рыс. 14. Пацешная ракета з каляровымі зоркамі (шарыкі саставу бенгальскага агню ў галоўнай частцы ракеты).

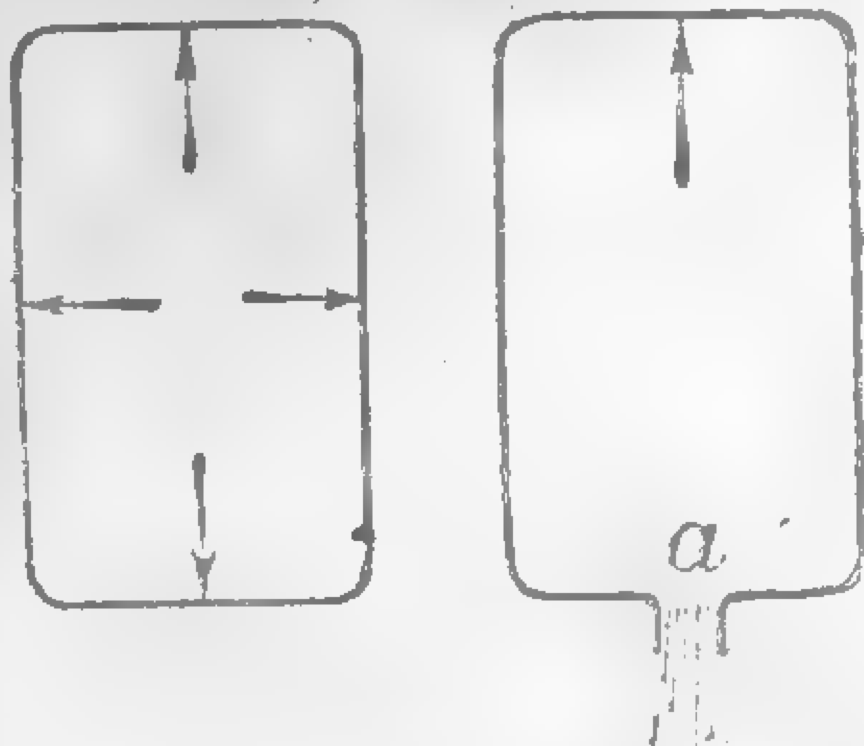
Назіраючы паданне яблыка на Зямлю, не палічаце, што земны шар застаецца нерухомым, парушаючы закон супроцьдзеяння. Прыцяжэнне і тут узаемнае: сіла дзеяння Зямлі на яблыка выклікае гэтакую-ж самую сілу супроцьдзеяння. Яблыка і Зямля літаральна **падаюць адзін на другога**, бо цягнуцца роўнымі сіламі; але з прычыны таго, што маса земнага шара нязмерна большая за масу яблыка, дык скорасць падання Зямлі нязмерна меншая за скорасць падання яблыка. Пакуль яблык падае з дрэва на Зямлю, наша планета перамяшчаецца насустрач яблыку амаль на адну 100-трыльённую частку сантыметра. Практычна Зямля застаецца нерухомай, і прымячаецца толькі рух яблыка.

Гэты закон, упяршыню агалошаны вялікім Н'ютонам. Ён адкрывае перад намі магчымасць свабодна рухацца, не абапіраючыся ні на вошта. Перамяшчацца, ні ад чаго не адштурхоўваючыся, аднымі толькі ўнутранымі сіламі—ці не гучыць гэта так, як падняцце самога сябе за валасы, паводле анекдатычнага спосаба барона Мюнхгаузена? Але падабенства—чыста знешняе. Па сутнасці розніца тут велізарная, і наколькі няма патрэбы паднімаць сябе за валасы, настолькі сапраўдны спосаб руху паводле прынцыпа аддачы. Прырода даўно ўжо ажыццявіла такое перамяшчэнне для многіх жывых істот. Каракаціца набірае ваду ў жабравую паражніну і потым энергічна выкідае струмень вады праз асобную лейку наперадзе цела; вада імкнецца наперад, а цела каракаціцы атрымлівае адваротны штуршок, які адкідае яе назад; накіроўваючы трубку лейкі ў бок або ўніз, жывёла можа такім сваясаблівым спосабам рухацца ў якім хоча кірунку. Падобным-жа чынам перамяшчаюць сваё цела медузы,

сальпы, вусені стракоз і многія іншыя жыхары вады. Карыстаецца гэтым спосабам і чалавечая тэхніка: вярчэнне вадзяных і так званых рэакцыйных паравых турбін таксама аснавана на законе супроцьдзеяння.

Нідзе, аднак, гэты спосаб перамяшчэння не праяўляецца гэтак навочна, як пры палёце звычайнай ракеты. Колькі разоў вы захапляліся яе эфектыўным узлётам,—але ці прыходзіла вам у галаву, што вы бачыце перад сабой зменшанае падабенства будучага міжзоркавага дырыжабля? А між тым яшчэ геніяльны Гаус прадракаў ракеце ў будучым вялікае значэнне, больш важнае, чым адкрыцце Амерыкі...

Чаму ракета ўзнімаецца ўверх пры гарэнні пораху, які яе напаўняе? Нават сярод людзей навукі даводзіцца часта чуць, нібы ракета ляціць уверх таму, што газамі, якія выцякаюць з яе пры гарэнні пораху, яна „адштурхоўваецца ад паветра“. На самай-жа справе паветра не толькі не абумоўлівае руху ракеты, але нават перашкаджае яму: у беспаветранай прасторы ракета павінна ляцець хутчэй, чым у атмасферы. Праўдзівая прычына руху ракеты ў тым, што калі порахавыя газы бурна выцякаюць з яе ўніз, сама трубка ракеты, паводле закона супроцьдзеяння, адштурхоўваецца ўверх. Вельмі навочна растлумачаны механічныя ўмовы такога палёта ў перадсмяротнай запісцы вядомага рэвалюцыянера-першамартаўца Кібальчыча, аб якім у нас яшчэ будзе гутарка. Ён пісаў:



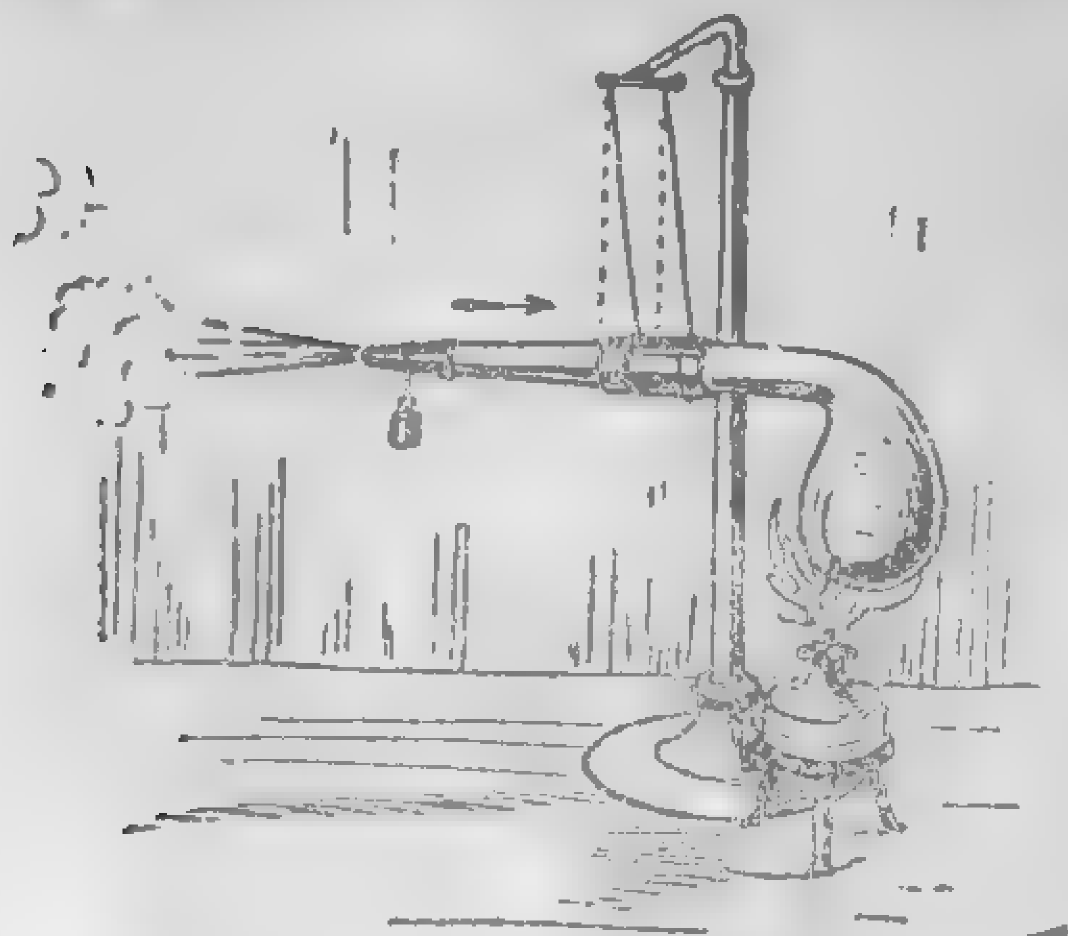
Рыс. 15. Дзеянне газаў унутры ракеты (схема).

„Уявеце сабе, што мы маем з ліставога жалеза цыліндр, які зачынены герметычна з усіх бакоў і толькі ў ніжнім дне сваім мае адтуліну. Размесцім па восі гэтага цыліндра кавалак прэсаванага пораху і запалім яго. Пры гарэнні ўтвараюцца газы, якія будуць ціснуць на ўсю ўнутраную паверхню цыліндра. Але ціскі на бакавую паверхню цыліндра будуць узаемна ўраўнавагжвацца, і толькі ціск газаў на зачыненае дно цыліндра не будзе ўраўнаважаны супроцьлежным ціскам, бо з супроцьлежнага боку газы маюць свабодны выхад праз адтуліну [1]). Калі цыліндр пастаўлен зачыненым дном угару, дык пры вядомым ціску газаў цыліндр павінен узняцца ўгару“.—Чарцяжы, якія тут дадаюцца, растлумачваюць гэта.

Пры гарэнні пораху ракеты адбываецца па сутнасці тое-ж, што і пры стрэле з гарматы. Ядро ляціць уперад, а гармата адпіхаецца назад. Калі-б гармата вісела ў паветры, ні на вошта не абапі-

1) Гэта трэба разумець у тым сэнсе, што супроцьдзейная сіла параджае тут не напор на сценку, а выцяканне газаў з адтуліны.

раючыся, яна пасля стрэла рушылася-б назад са скорасцю, якая ў столькі разоў меней за скорасць ядра, у колькі разоў ядро лягчэй за гармату. Ракета—нешта якраз супроцьлежнае гармаце; у гармаце прызначэнне ўзрыва выкінуць знарад, амаль не зрушваючы ствала гарматы; у ракеце-ж узрыўныя газы прызначаюцца іменна для перамяшчэння самога цела ракеты. Скорасць і маса гэтых газаў такія значныя, што „аддача“ прымушае цела ракеты шпарка ўзлятаць угару. Увесь час, пакуль адбываецца гарэнне пораху, скорасць ракеты ўзрастае; да ранейшай скорасці бесперапынна далучаецца новая[1]), ды і сама ракета, трацячы свае гаручыя запасы, становіцца лягчэй і таму больш прыкметна падпадае дзеянню сілы.


Рыс. 16. Цеплавы маятнік Цэльнера.

Апішу нескладаны прыбор, дзеянне якога тлумачыцца тым-жа прынцыпам. Прыбор не цяжка пабудаваць самому. Ён навочна пераконвае ў існаванні сілы, якая павінна штурхаць ракету ўбок, супроцьлежны выцяканню газаў. Шкляная пасудзіна (рыс. 16) прывязана да падстаўкі на нітках. У пасудзіну наліваюць вады і падстаўляюць пад яе гарэлку. Калі вада закіпіць, пара будзе струменем выбівацца з пасудзіны, сама-ж пасудзіна пры гэтым адхінецца ў адваротны бок. Але апынуўшыся зне полымя, рэторта скора ахалодзіцца; вада перастае кіпець, пара болей выібвацца не будзе, і пасудзіна вернецца ў ранейшае становішча. Зноў пачнецца кіпенне, зноў рэторта адхінецца і г. д. Пасудзіна будзе вагацца, як маятнік („цеплавы маятнік“ Цэльнера). Н'ютон, кажуць, праектаваў пабудову экіпажа, які сам-бы рухаўся. Прынцып пабудовы быў падобны на гэты, г. зн. па сутнасці тое, што выканана цяпер будаўнікамі ракетнага аўтамабіля.

Аднак звернемся да ракеты і да ідэі міжпланетавага карабля. Калі порах у ракеце ўвесь выгарыць, пустая ракетная трубка, праляцеўшы яшчэ некаторы шлях па інерцыі, падае назад на зямлю: яе скорасць за малая для канчатковага перамажэння сілы цяжару. Але ўявеце ракету ў дзесяткі метраў даўжынёю, забяспечце яе такім запасам гаручага, каб яна паспела накапіць секундную скорасць у 11 *км* (гэта скорасць, мы ведаем, дастатковая, каб

---

[1]) Паскарэнне, з якім рухаецца ўгару піратэхнічная ракета, у дзесяткі разоў большае за паскарэнне земнага цяжару.

мазаўсёды пакінуць Зямлю),—тады ланцугі земнага цяжэння будуць разарваны. Спосаб вандраваць у сусветнай прасторы знойдзены.

Вось фізічныя меркаванні, якія прыводзяць да мыслі аб пабудове лятальнага апарата, які здольны рухацца не толькі ў атмасферы, але і за яе межамі. Упершыню ідэя падобнага апарата—праўда, для земных, а не для міжпланетавых палётаў, была выказана ў 1881 г. вядомым рускім рэволюцыянерам-вынаходцам Н. І. Кібальчычам у праекце, які складзен гэтым выдатным чалавекам незадоўга да пакарання смерцю. Праект Кібальчыча быў выказаны толькі ў форме асноўнай ідэі: „Знаходзячыся на свабодзе, я не меў досыць часу, каб распрацаваць свой праект дэталёва і даказаць яго ажыццявімасць матэматычнымі вылічэннямі,“—пісаў ён. Куды больш грунтоўна распрацавана тая-ж мысль другім рускім вучоным, фізікам К. Э. Цыалкоўскім, які стварыў ідэю сапраўднага міжпланетавага дырыжабля—зоркалёта і абгрунтаваў яго на строгім матэматычным разліку. Па тым-жа шляху, незалежна ад рускіх вынаходцаў, пайшлі на Захадзе і іншыя даследчыкі, аб якіх у нас яшчэ будзе гутарка.

Апарат К. Э. Цыалкоўскага—не што іншае, як велізарная ракета з каютай для пасажыраў. „Уявім сабе,—пісаў ён яшчэ ў 1903 г.—такі знарад: металічная працяжная камера, якая забяспечана святлом, кіслародам, паглынальнікамі вуглякіслаты і іншых жывёльных вылучэнняў, прызначана не толькі для хавання розных фізічных прыбораў, але і для разумнай істоты, якая кіруе камерай. Камера мае вялікі запас матэрый, якія пры сваім мяшанні, у той-жа момант утвараюць узрыўную масу. Матэры гэтыя, правільна і роўнамерна ўзрываючыся, у пэўным для гэтага месцы цякуць у выглядзе гарачых газаў па трубах, якія расшыраюцца. У расшыраным канцы, моцна разрадзіўшыся і ахаладзіўшыся ад гэтага, яны вырываюцца на двор праз раструбы з велізарнай скорасцю. Зразумела, што такі знарад пры вядомых умовах павінен узнімацца ў вышыню“. Людзі ў гэтым апараце здолеюць пры дапамозе асобага руля накіроўваць яго ў які хочаш бок. Гэта сапраўды касмічны карабель, які будзе кіравацца і на якім можна паляцець у бязмежную сусветную прастору, паляцець на Месяц і да іншых планет... Пасажыры здолеюць, кіруючы гарэннем, павялічваць скорасць свайго зоркалёта з неабходнай паступовасцю, каб узрастанне яе не магло пашкодзіць“.

Мы яшчэ звернемся да больш падрабязнага апісання праектаў падобнага рода, а пакуль адзначым істотныя перавагі, якімі ўладае зоркалёт К. Э. Цыаклоўскага ў параўнанні з гарматным ядром Жуля Верна. Перш за ўсё пабудова яго, канечна, куды больш ажыццявіма, чым гіганцкая гармата Жуля Верна. Потым зоркалёт развівае сваю страшэнную скорасць не адразу, як гарматнае ядро, а паступова, забяспечваючы пасажыраў ад небяспекі быць расціснутымі бурным узрастаннем іх уласнай вагі.

Не выклікае небяспекі для ракетнага зоркалёта і супраціўленне звветра: апарат пераразае атмасферу не з касмічнай скорасцю,

а са значна меншай,—напрыклад, са скорасцю сучаснай кулі; поўную-ж міжпланетавую скорасць ён развівае толькі апынуўшыся за межамі паветранай абалочкі. Там у сусветнай прасторы ўзрыванне можа быць зусім спынена: зоркалёт паляціць па інерцыі са скорасцю, якая будзе памяншацца толькі пад дзеяннем земнага прыцяжэння. Ён можа несціся гэтак без затраты гаручай матэрыі, мільён кіламетраў і толькі для перамены кірунку палёта, для змены скорасці або для паслаблення ўдара пры пасадцы на планету спатрэбіцца зноў пусціць у дзеянне ўзрыўны механізм.

Але самая галоўная перавага ракетнага зоркалёта знаходзіцца ў тым, што ён дасць будучым плыўцаў сусвета магчымасць, абляцеўшы Месяц або наведаўшы якую-небудзь малую планету, у пажаданы момант зноў вярнуцца на родную Зямлю. Трэба толькі багата назапасіць узрыўных матэрый, як палярныя мораплавальнікі забяспечваюцца палівам.

Некаторую небяспеку становіць сабою хіба спатканне з буйным матэарытам,—з адным з тых касмічных каменняў, якія імкліва пераразаюць па ўсіх кірунках пустыні міжпланетавых прастораў. Разлік паказвае, аднак, што праўдападобнасць сустрэчы з метэарытам небяспечных размераў вельмі мізэрная (да метэарнай небяспекі мы яшчэ звернемся ў іншым месцы).

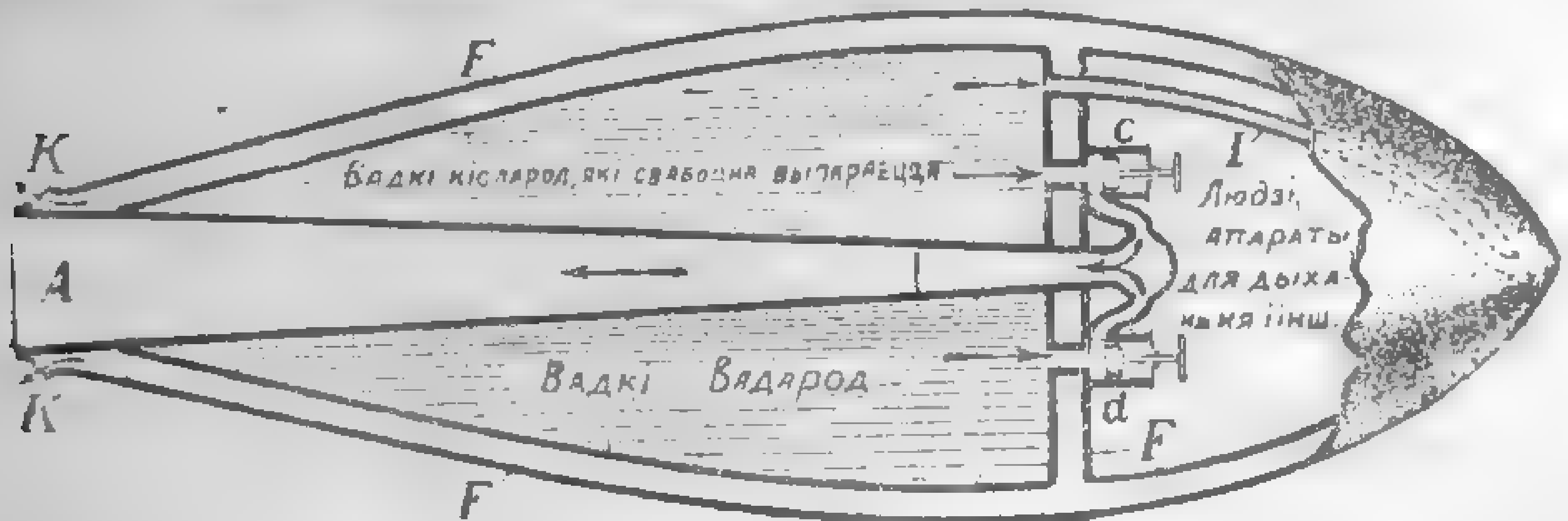
Гэтак прывабная магчымасць дасягнення іншых светаў, падарожжа на Месяц, астэраіды, на Марс можа пертварыцца ў рэальную сапраўднасць. Паветра для дыхання няцяжка будзе ўзяць з сабою (у выглядзе вадкага кіслароду), як і апараты для паглынання выдыханай вуглякіслаты. Магчыма таксама забяспечыць нябесных падарожнікаў запасам харчу, піцця і г. д. З гэтага боку не прадбачыцца сур'ёзных перашкод,—прынамсі для нявельмі доўгатэрміновых міжпланетавых падарожжаў.

Высадка на Месяц, на астэроід або на адзін з дробных спадарожнікаў вялікіх планет—калі толькі паверхня іх у такім стане, што робіць спусканне магчымым—будзе ўсяго пытаннем дастатковай колькасці ўзрыўных матэрый. Накіраванымі ўзрывамі можна як належыць паменшыць велізарную скорасць знарада настолькі, каб паданне яго адбылося плаўна і бяспечна. Але трэба мець яшчэ ў запасе досыць узрыўных матэрый, каб зноў пакінуць гэты часовы прытулак, перамагчы сілу прыцяжэння планеты і адправіцца ў адваротны шлях з неабходным запасам для плаўнага спускання на Зямлю.

У асобых непранікальных касцюмах, накшталт вадалазных, будучыя Калумбы сусветнай, дасягнуўшы планеты, здолеюць рызыкнуць выйсці з нябеснага карабля. З запасам кіслароду ў металічным ранцы на спіне будуць яны блукаць па глебе невядомага света, рабіць навуковыя нагляданні, вывучаць яго прыроду, мёртвую і—калі такая ёсць —жывую, збіраць калекцыі... А больш далёкія экскурсіі яны здолеюць рабіць у герметычна зачыненых аўтамабілях, якія прывезены з сабой. „Стаць на глебу астэроідаў, падняць рукою камень з Месяца, наглядаць за Марсам на адлег-

ласці некалькіх дзесяткаў кіламетраў, апусціцца на яго спадарожнік або нават на самую яго паверхню—што можа быць, як відаць, больш фантастычна? Аднак, толькі з моманту ўжывання ракетных прыбораў пачнецца новая вялікая эра ў астраноміі: эпоха больш дасканалага вывучэння неба“ (Цыалкоўскі).

К. Э. Цыалкоўскі не дае канструктыўнага праекта свайго зоркалёта, лічачы неабходным папярэднюю, больш дэталёвую распрацоўку яго ідэі з прынцыповага боку. Але ў выглядзе навочнага прыклада адной з магчымых форм ажыццяўлення асноўнага прынцыпа, прыкладаю схематычны чарцёж, які выкананы з малюнка, зробленага К. Э. Цыалкоўскім згодна маёй просьбы яшчэ ў 1914 г. (рыс. 17). Вось сціслае тлумачэнне, якое складзена ім самім:



Рыс. 17. Схема пабудовы міжпланетавага дырыжабля паводле праекта К. Э. Цыалкоўскага (у разрэзе).

„Знарад мае знадворку выгляд бяскрылай птушкі, якая лёгка рассякае паветра. Большая частка ўнутранасці занята двума матэрыямі ў вадкім стане: вадародам і кіслародам. Яны падзелены перагародкай і злучаюцца між сабою толькі мала-па-малу. Астатняя частка камеры, якая мае меншую ёмістасць, прызначана для памяшкання наглядальніка і рознага рода апаратаў, што неабходны для захавання яго жыцця, для навуковых наглядданняў і для кіравання.

Вадарод і кісларод, мяшаючыся ў вузкай частцы трубы, якая паступова расшыраецца, злучаюцца хімічна і ўтвараюць вадзяную пару пры вельмі высокай тэмпературы. Яна мае велізарную пругкасць і вырываецца з шырокае адтуліны трубы або прадоўжнай восі камеры. Кірунак ціску пары і кірунак палёта знарада проста супроцьлежны“. Больш падрабязна аб зоркаплавальных планах К. Э. Цыалкоўскага ў нас будзе гутарка ў асобным раздзеле.

IX. Будова порахавай ракеты.

Перш чым кінуць погляд на многаабяцальную будучыню ракеты, на прывабныя гарызонты, якія адкрываюцца перад ёю, спынімся на пабудове і гісторыі порахавай ракеты.

Пачнем са звычайнай піратэхнічнай ракеты, якая аздабляе шматлюдныя святкаванні. Як яна пабудавана? Яна становіць сабой картонную трубку—„гільзу",—якая набіта порахам. З аднаго боку—пярэдняга—трубка закрыта, з задняга боку яна мае звужаны прасвет і раструб—„дзюзу". Скрозь звужэнне ўведзены запальны шнур, які служыць для падпальвання пораxавай масы. Порах не насыпаюць у гільзу пульхна, а набіваюць у дробна-размеленым выглядзе па магчымасці шчыльней, каб пры запальванні зарад гарэў толькі з паверхні. Для павялічэння паверхні гарэння (прыкладна ў чатыры разы) у шчыльнай пораxавай масе зроблена ўгінанне ўздоўж восі гільзы—так званая „пралётная прастора". Нарэшце, каб надаць ракеце ўстойлівасць у палёце, да яе прымацоўваецца драўляная палка ў некалькі разоў даўжэй за гільзу, гэты „хвост" перашкаджае ракеце пры палёце перакідвацца ў паветры.

Такава ў асноўных рысах нескладаная будова і ўсякай пораxавай ракеты, якое-б прызначэнне і якія-б размеры яна не мела. Але памылкай было-б лічыць, што зрабіць ракету справа простая, магчымая для аматара. Перш за ўсё фабрыкацыя, а таксама пусканне ракет супрэжаны з небяспекай узрыва нават у руках спрактыкаванага прафесіянала. З гэтага повада трэба настойліва папярэдзіць ад аматарскага эксперыментавання з ракетамі, якое неаднойчы ўжо канчалася катастрофамі, з пажарамі і гібеллю людзей. Тэхніка выраба ракет патрабуе грунтоўных ведаў усіх дэталяў вытворчасці, ведання, якога нельга атрымаць з самых падрабязных падручнікаў па піратэхніцы.

На некаторых дэталях павучальна будзе тут спыніцца.

Порах для ракет ужываецца звычайна чорны, дымны, асобага састава. Укажам састаў, які ўжываўся сусветнавядомай германскай піратэхнічнай лабараторыяй у Шпандау[1]): 76 частак салетры, 10 частак серкі і 16 частак чарэмхавага вугалю—састаў, які выпрацаван шляхам шматгадовых доследаў і ўжываецца лабараторыяй з 1886 г. Порах разрывае ракету, калі зарад ня досыць шчыльна ўпрэсаваны ў гільзу. Неабходна, каб гарэнне састава адбывалася толькі з паверхні, г. зн. не вельмі шпарка. Прысутнасць у зарадзе шчылін лёгка можа пацягнуць за сабою адначасовае ўспалымненне ўсёй пораxавай масы і ўзрыў ракеты. Піратэхнікі баяцца нават самых танчэйшых шчылінак у спрэсаванай масе зарада. Таму ракеты буйнага калібра (пачынаючы з 8 сантыметраў) робяцца пры дапамозе гідраўлічнага прэса пад ціскам 750 атмасфер пры выкананні самых пільных перасцярог.

---

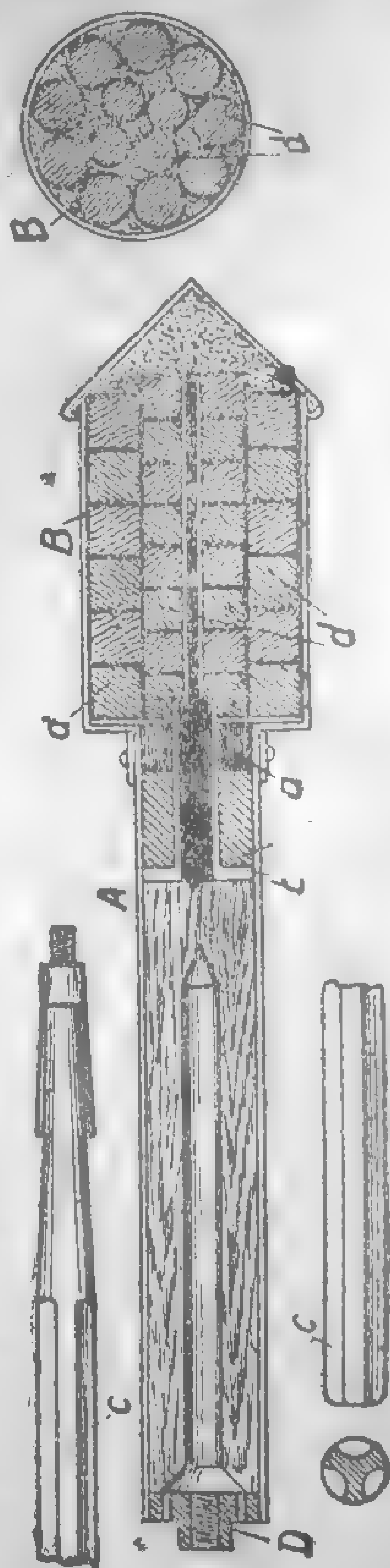
1) Гэта лабараторыя забяспечвала ракетамі не толькі Германію (у тым ліку і германскую армію), але і іншыя дзяржавы. Яе ратавальныя морскія ракеты лічыліся за лепшыя ў свеце і набываліся нават англійскім адміралтэйствам. Пасля ста год існавання, яна была, згодна Версальскага договара, зачынена, побач з іншымі ваеннымі заводамі, і абсталяванне яе знішчана. У сучасны момант шырока вядома другая германская ракетная лабараторыя ў Везермюндэе, якая кіруецца лепшым знаўцам пораxавых ракет, інж. Ф. Зандэрам.

Гільзы вырабляюцца для невялічкіх ракет з картону, для больш буйных—мэталічныя, лепш за ўсё з алюмінію або з сплаваў магнію. Медзь у якасці матэрыяла для гільз не ўжываецца не толькі з прычыны яе цяжкой вагі і недастатковай трываласці, але і з прычыны яе добрай цеплаправоднасці: шпаркае награванне ракеты лёгка можа выклікаць засценак ракеты лёгка можа выклікаць заўчаснае ўспалымненне і ўзрыў усяго зарада. Стальныя гільзы таксама не раяцца, таму што ў выпадку ўзрыва яны разлятаюцца градам вострых асколкаў. Пры вырабе металічных гільз для ракет працяжнага гарэння выкарыстоўваюць цеплаізаляцыю сценак.

Каб даць уяўленне аб пабудове ракет буйнага калібра, тут паказаны (рыс. 18) разрэз ваеннай святлістай ракеты, якая ўжываецца для асвятлення пазіцый ворага. Вось яе апісанне (з курса артылерыі Нілуса і Маркевіча):

„Трохдзюймовая святлістая ракета складаецца з: 1) жалезнай гільзы A (рыс. 18), што набіта рухаючым (форсавым) порахавым саставам, які мае ўнутраны дыяметр 3 дзюймы; 2) бляшанага каўпака B, які набіты святлістымі зоркамі і мякаццю, і 3) доўгага драўлянага хваста C, які служыць для накіравання руху ракеты.

„Каля задняга кальца гільзы замацоўваецца жалезны паддонак D. Пасярод паддона ўвінчваецца жалезны наканечнік драўлянага хваста. Каля яго прароблены адтуліны для выхада газаў ракетавага састава і для яго запальвання. Сума плошчы гэтых адтулін раўняецца $^1/_4$ плошчы ўнутранога папярочнага сячэння гільзы.



Рыс. 18. Разрэз святлістай ракеты.

Гільза запрэсоўваецца саставам з салетры, серкі і вугалю па даўжыні каля 5 калібраў. Пры суцэльнай набіўцы састава паверхня гарэння раўнялася-б папярэчнаму сячэнню і была-б вельмі малой: колькасці ўтвораных газаў было-б замала для таго, каб перамагчы інерцыю ракеты і прывесці яе ў рух. Для павялічэння паверхні гарэння, у саставе робяць па восі цыліндрычны канал, не даводзячы яго да канца састава. Пры запальванні ракеты загараецца ўся паверхня гэтага канала. На састаў ставіцца медная дыстанцыйная трубка a з медным-жа паддонкам b, якая набіта таксама ракетным

саставам; яна служыць для перадачы агня зоркам з некаторым замаруджаннем, пасля таго, як форсавы састаў ужо згарэў і ракета пачынае падаць уніз. Прамежак паміж трубкай *a* і сценкамі гільзы забіты растоўчанай серкай *e*, якая ўтрымлівае трубку на месцы. Потым да сценак гільзы прымацоўваецца шыйка бляшанага каўпака *B*, якая напоўнена зоркамі *d*.

Зоркі робяцца з прэсаванага ў цыліндрыкі састава бенгальскага агня. На каўпак надзяецца канічная пакрыўка, якая злучаецца з каўпаком пры дапамозе штыхавога злучэння. Свабоднае месца ў пакрыўцы над зоркамі забіваецца лямцам. Адтуліна паддона заклейваецца пластырам. Ракета важыць каля 16 *кг*".

Чым ракета буйней, чым больш яе зарад і працяжнасць гарэння, тым большая скорасць намнажаецца ў канцы гарэння і значыць тым вышэй падымаецца ракета. Але гэта ўзрастанне вышыні ўзлёта з павялічэннем калібра ракеты мае граніцу, якая абумоўлена тым, што паверхня гарэння порахавай масы расце прапарцыянальна квадрату калібра, тымчасам як агульная вага ракеты павялічваецца прапарцыянальна кубу калібра. Для буйных ракет з гэтага поваду атрымліваюцца нявыгадныя суадносіны між грузам, які падымаецца, і колькасцю газаў, што ўтвараюцца пры гарэнні зарада. Па меркаваннях падобнага рода лічылася яшчэ нядаўна, што гранічная вышыня ўздыма порахавых ракет раўняецца 2—2½ *км*.

Граніца гэта, аднак, была нядаўна далёка перавышана буйнакалібравымі ракетамі інжынера Тылінга, а таксама інжынера Зандэра, які працаваў сумесна з дзеячам зоркаплавання Максам Валье, што заўчасна загінуў. Улетку 1928 г. Зандэр запускаў свае порахавыя ракеты да граніцы стратасферы, г. зн. на вышыню 12—13 *км*. Пры калібры 22 *см* ракеты Зандэра паднімалі грузы ў 400—500 *кг* на вышыню 4—5 *км*, адкуль яны плаўна спускаліся на парашуце.

„Якім спосабам такія рэзультаты дасягнуты, аб гэтым, па меркаваннях сакрэтнасці, натуральна нічога паведаміць нельга",—чытаем мы ў кнізе Вальє.

Выпрабаванне падобных ракет звязана з вялізнай небяспекай. „Доследы рабіліся на асобным палігоне,—піша Вальє,—дзе за пусканнем ракет сачылі праз вакенцы тоўстага зруба пры дапамозе стэрэатруб, фотаапаратаў і кінематаграфічнай іступкі. У першыя часы амаль штодзённыя ўзрывы ўшчэнт разносілі дарагія інструманты, а вострыя асколкі гільз упіваліся на некалькі сантыметраў у сцены зруба. Здаралася, што цяжкія набела распаленыя дзюзы ўзнімаліся на сотні метраў угару або адносіліся ўбок; далёка адкінутая частка зарада, які не выгараў, ледзь не выклікала аднойчы ляснога пажара".

Аб ракетах Тылінга будзе сказана ў наступным раздзеле.

X. Гісторыя порахавай ракеты.

Гісторыя ракеты заходзіць далёка ў глыбіню вякоў. Ракета куды больш старажытная, як агнястральная зброя, таму што кітайцы,—якія мабыць і з'яўляюцца яе вынаходцамі,—ужывалі яе для дэкаратыўных мэт яшчэ да пачатку нашага годалічэння. На працягу першага тысячагоддзя нашай эры можна знайсці тымчасам толькі глухія спамінанні аб ужыванні ракет. Ёсць далей весткі, што ў XIII веку кітайцамі і арабамі ўжываліся пры аблозе запальныя ракеты. Каля таго-ж часу сустракаюцца спамінанні аб іх у творы славутага вучонага схаластыка Альберта Вялікага і ў некаторых арабскіх працах па вайсковай справе.

У Еўропу ракеты правіклі, відаць, толькі ў XIV веку. Цікава, што ўжо ў пачатку XV века з'явіліся праекты (дэ Фантана) ужывання ракет у якасці рухавіка для павозкі, лодкі, падводнага тарпедо і нават для паветранага тарпедо ў выглядзе „ракетнага голуба", г. зн. запальнай ракеты, забяспечанай хвастом і нясучымі роўніцамі. Такія „ракетныя галубы", трэба думаць, існавалі не толькі ў праекце. Ёсць сведчанне аб пажары ў лагеры гусітаў, якія рабілі аблогу; пажар узнік (відавочна ў выніку процілежнага ветру) пры пусканні ракетнага голуба ў абложаны горад.

На працягу XV і XVII вякоў ракеты неаднакроць апісваюцца ў якасці ваеннай зброі нямецкімі і польскімі аўтарамі. У 1668 г. у Берліне праводзіліся доследы з вельмі буйнымі ракетамі, 50—100 фунтаў вагою, якія прызначаліся для перакідання запальных знарадаў. У 1720 г. у творы лейдэнскага фізіка Гравезанда (вынаходцы вядомага нашым школьнікам „шарыка Гравезанда") мы знаходзім апісанне паравой ракетнай павозкі, якая пабудавана паводле мыслі Н'ютона.

У XVIII веку з'яўляецца ўжо спецыяльны род войск, які ўзброены ракетамі. Індускія раджы трымалі ракетныя атрады лікам у некальки тысяч чалавек. Ракеты, якія імі ўжываліся, важылі 3—6 *кг* і забяспечаны былі хвастамі да $2^1/_2$ *м* даўжыні.

Між іншым, у XVII і XVIII вяках ракеты знаходзяць сабе ўжыванне і на паляванні для рассейвання вялікіх гуртоў жывёлы, якіх паляўнічыя лічылі за лепшае праследваць па адной.

Эпохай росквіта ракетнай ваеннай зброі трэба лічыць пачатак XIX века, калі генерал англійскай службы Кангрэў, у барацьбе з індусамі, пазнаёміўшыся з дзеяннем запальных ракет, стаў уводзіць іх у англійскай арміі. У яго руках ракета абярнулася ў грозную зброю, якая здольна паводле разбуральнага дзеяння выпярэднічаць з артылерыяй. Ужо першыя ракеты Кангрэва (у 1805 г.) мелі дальнасць перакідвання каля $2^1/_2$ *км*. Пры далейшым удасканаленні Кангрэў дамагаўся павялічэння не столькі дальнасці дзеяння ракет, колькі іх грузапад'ёмнасці. У 1807 г. пры аблозе Копенгагена ён літаральна засыпаў горад тысячамі запальных ракет вагою 24 фунты, 32 фунты і нават 48 фунтаў. Прыклад англійскай арміі не застаўся без пераймання, і ў хуткім часе большасць еўрапейскіх

дзяржаў увялі ў сваіх войсках запальныя ракеты. Распаўсюджанню гэтага рода зброі спрыяла з'яўленне друкаванай працы Кангрэва, дзе пераканальна высвенены каштоўныя перавагі ракетнай зброі ў сэнсе таннасці і зручнасці перавозкі, асабліва ў параўнанні з артылерыяй. Між іншым, Кангрэў сцвярджае ў сваім творы, што пры лябараторных доследах ён рабіў ракеты вагою ў 300 фунтаў (130 *кг*) і што цалкам можна ажыццявіць ракеты вагою ў 1000 фунтаў (440 *кг*). Яго ваенныя ракеты звычайнага тыпа важылі 32 фунты (14 *кг*) і перакідалі запальны знарад у $3^1/_2$ *кг* на 2700 *м*, а ў 12 *кг* на 1800 *м*; калібр ракет Кангрэва—ад 5 да 12 *см*.

У эпоху Напалеонаўскіх войнаў ракеты знайшлі сабе новае баявое ўжыванне: іх ужывалі для перакідкі разрыўных знарадаў. Ракетная артылерыя, якая паказала сваё дзеянне ў баі пад Лейпцыгам, працягвала развівацца да сярэдзіны мінулага века, пакуль не была адціснута на другі план значнымі поспехамі артылерыі гарматнай. Якой грознай зброяй была ў той час ракетная граната, можна меркаваць па тым, што ўжываліся ракеты ў 20 *кг* вагою, якія неслі бомбу ў 60 *кг* і перакідалі яе амаль на 3 *км*; калібр гэтых ракет быў 12 *см*[1]). У другой палове мінулага века ўсе краіны адна за аднэй адмовіліся ад паслуг ракетнай артылерыі. Аўстрыя—у 1867 г., Германія ў—1872 г. (у франка-прускую вайну ракетныя бомбы не ўжываліся). Пазней за ўсё—да 1885 г.—утрымаўся гэты род зброі ў англійскіх каленіяльных войсках, якія дзейнічалі ў маладаступных месцах, куды немагчыма было даставіць гарматы вялікай вагі.

Ракетнай артылерыяй забяспечвалася і руская армія ў эпоху заваёвы Туркестана. „Пры паходах у Туркестан карысталіся ракетамі, якія былі забяспечаны гранатай, замест артылерыі. Сваім агнявым хвастом, шумам і разрывам знарада пры паданні яны рабілі зельмі моцнае ўражанне на туркестанскую кавалерыю“ (Нилус и Маркевіч, „Курс артиллерии“).

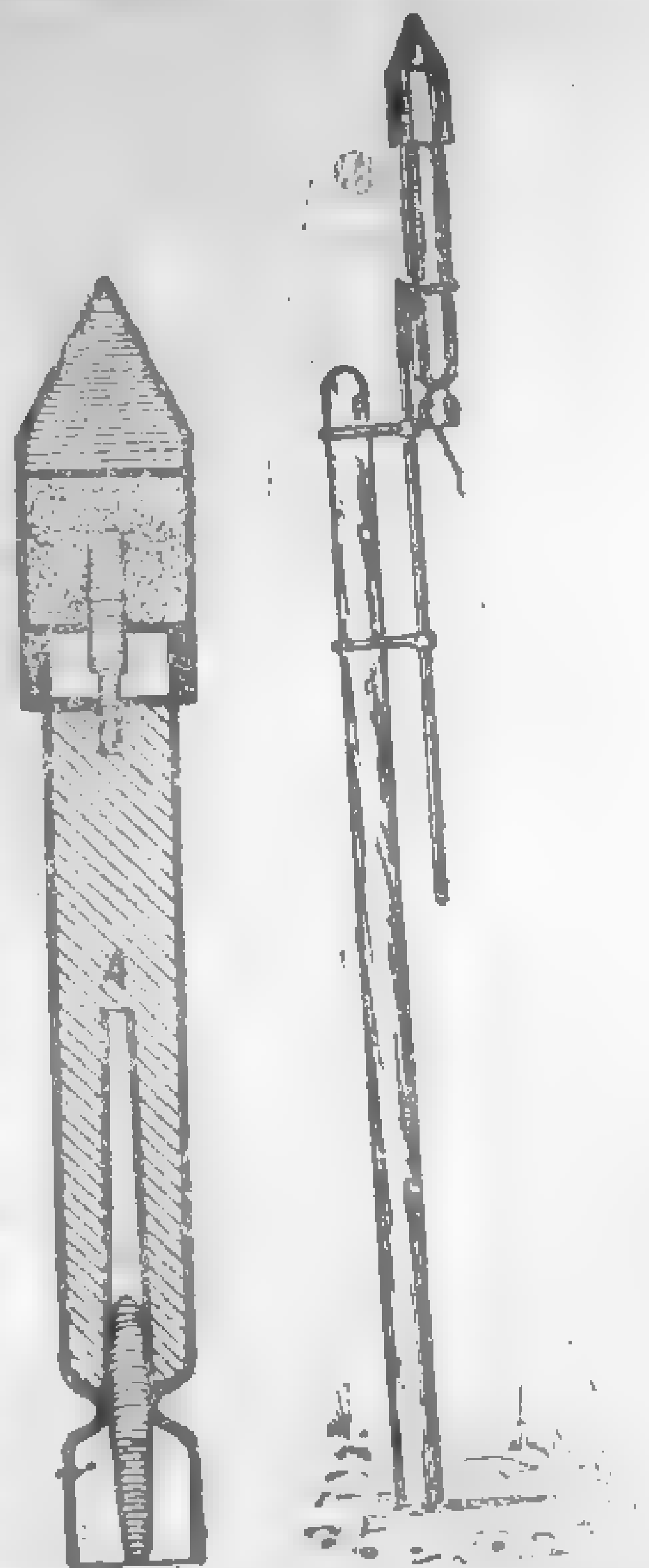
Асаблівай увагі заслугоўвае вынаходства ў 1846 г. у Амерыцы ракет, якія верцяцца вакол прадоўжнай восі і тым набываюць большую ўстойлівасць у палёце. Вярчэнне выклікалася тым, што тыя газы, якія выцякалі, прыводзілі ў рух невялікі прапелер, прымацаваны да ракеты. Гэта ўдасканаленне потым ужывалася ў аўстрыйскай ракетнай артылерыі.

З 30-х гадоў мінулага века буйная ракета атрымлівае і мірнае дапасаванне—перш за усё ў справе падавання дапамогі экіпажу судна, якое танула. Ратавальная ракета, якая пускаецца з берага, пераносіць на судно канец троса, пры дапамозе якога наладжваецца падвесная дарога для зносін з берагам. Ракета калібрам 8 *см*, даўжынёю 35 *см*, з зарадам у 3 *кг* перакідвае на 400 *м* многажыльны трос, які важыць 16 *кг*. Усе краіны забяспечваліся ратавальнымі ракетамі нямецкай вытворчасці (лабараторыя ў Шпандау).

---

[1]) Кібальчыч спамінае аб ракетах, якія могуць узнімаць да 5 пудоў разрыўнага знарада.

Да гэтага часу гутарка ішла выключна аб ракетах, якія набіты прэсаваным чорным порахам. Але ёсць панярэднікі і ў ракеты з зарадам з вадкіх гаручых матэрый. Такава ракета перуанскага вынаходцы Педро Полет, якая працавала на бензіне з азотным ангідрыдам (у якасці крыніцы кісލароду). Робячы доследы са сваёй ракетай, вынаходца не пускаў яе ў вольны палёт, а прымушаў дзейнічаць на спружынавы дынамаметр, вымяраючы такім чынам яе пад'ёмную сілу. Нажаль, гэта каштоўнае вынаходства ў свой час засталося невядомым і не дало непасрэднага штуршка іншым работнікам ракетнай справы.



Рыс. 19. Супроцьградавая ракета: злева—у разрэзе, справа—устаноўленая для пуску.

Дваццаты век прынёс ракеце, між іншым, неспадзяваны абсяг ужывання—у якасці сродка аховы ад граду. Ракеты, што рассейваюць град (рыс. 19), шырока ўжываюцца ў Швейцарыі, якая абавязана ім, кажуць, паніжэннем страт ад градабіцця. Калі пры выпаданні першых градзін пусціць угару ракету, дык на пляцоўцы ў квадратны кіламетр выпадаюць замест граду пульхныя клочча снегу, якія пасля другой ці трэцяй ракеты, змяняюцца дажджом. У акаляючай мясцовасці ў той-жа час ідзе град. Ракеты, якія для гэтага ўжываюцца, не належаць да буйных: іх калібр усяго 3—4 *см*, даўжыня 25—35 *см*. Звычайна гэта гільзы з картону, накшталт піратэхнічных. Самы механізм уздзеяння ракет на ход метэаралагічнай з'явы да гэтага часу не раскрыты і з'яўляецца загадкавым: занадта вялікая несуадпаведнасць між запасам энергіі, якая вызваляецца пры гарэнні ракеты, і той колькасцю, якая патрабуецца для растаплення граду на значнай прасторы[1])

З іншых мірных ужыванняў ракет у XX веку спамянём аб перакідванні шнура праз цяжка праходныя рэкі, цясліны, праваллі для ўстанаўлення сувязі з супроцьлежным бокам; аб такім-жа спосабе

---

1) Ракеты, што рассейваюць град, не трэба блытаць з так званымі градабойнымі марцірамі, эфект якіх спрэчны. Карысць ракет можна параўнаць толькі з дзеяннем супроцьградавых паветраных балонаў (1—1½ *м* дыяметрам), якія аўтаматычна запальваюць свой узрыўны груз, дасягнуўшы вышыні 700—1200 *м*. Страты ад граду ў СССР штогод вылічаюцца дзесяткамі мільёнаў. Таму ракеты, як параўнальна танны і мабыць сапраўдны сродак, які даступны кожнаму калгасу, маглі-б набыць у нашай сельскай гаспадарцы сур'ёзнае значэнне. Яны ўжо ўжываюцца для аховы вінаграднікаў у нас у Арменіі.

ўстанаўлення зносін з мясцовасцямі, якія адрэзаны ад іншага свету паводкай або іншымі стыхійнымі бядотамі; аб перакідванні невялікага якара з судна праз паласу бурнага прыбою і да т. п.

Побач з гэтым, у XX веку зноў расшырылася і ваеннае ўжыванне ракет. У 1906—1908 г. немецкім інжынерам Маулем вынайдзена была для вайсковых патрэб фотаграфічная ракета: фотаапарат падымаецца ракетай на вышыню ў некалькі сот метраў, адкуль аўтаматычна здымае мясцовасць[1]). Ракета буйнага калібра ўзносіла камеру размерам 20×25 *см* (пры фокуснай адлегласці 28 *см*) на вышыню 800 *м*; з падобнага ўзвышша адчыняецца на роўнай мясцовасці кругавід з радыусам у сотні кіламетраў. Адначасова той-жа вынаходца робіць, як відаць, упершыню ў гісторыі ракеты—доследы падняцця жывых істот пры дапамозе ракет: мышэй, морскіх свінак і іншых дробных жывёл; чатырохногія пасажыры знаходзіліся ў клетцы, якая прымацоўваецца да ракеты замест фотаапарата. Жывёліны добра зварочваліся на зямлю—факт вельмі павучальны, таму што прыскоранне пры пусканні парахавых ракет досыць вялікае, у дзесяткі разоў большае за тое прыскоранне цяжару, да якога мы прызвычаіліся[2]).

Доследы з фотаракетамі, аднак, неўзабаве былі спынены, бо развіццё аэрафотаздымкі зрабіла ўжыванне ракет для гэтай мэты непатрэбным.

Адначасова з гэтымі работамі інжынера Мауля праводзіліся ў Германіі на палігоне Крупа доследы палкоўніка Унге з ракетнымі тарпедамі. Мелася на мэце вынаходства новай вайсковай зброі, якая зрабіла-б непатрэбнымі гарматы вялікай вагі. Унге ўдалося зрабіць мадэль, якая пры 60 *кг* агульнай вагі несла 40 *кг* гранату і перакідвала яе на адлегласць 5—8 *км*. Такая ракета пускалася з асобага лафета і атрымлівала ўстойлівасць у палёце дзякуючы вярчэнню каля прадоўжанай восі (пры дапамозе прапелера, які прыводзіўся ў рух струменем газаў, што выцякаў з ракеты). Аднак, дамагчыся здавальняючай трапнасці пападання Унге не мог, і доследы яго былі спынены.

Незадоўга да вайны падобныя-ж доследы рабіліся з падводнымі тарпедамі (ракета добра гарыць пад вадою). Тарпеды гэтага рода—ажыццяўляючы даўнейшы праект дэ Фантана—паказалі добрую скорасць, большую чым звычайныя тарпеды, якія рухаюцца сціснутым паветрам. Але невыстарчальная трапнасць вырашыла лёс вынаходства. У вайну 1914—1918 гг., якая ў хуткім часе распачалася, ракета істотнай ролі, як баявая зброя, не адыгрывала.

Пасля вайны найбольшых поспехаў у вырабе парахавых ракет высокага пад'ёма дасягнулі нямецкія канструктары — інжынеры Зандэр, Пагензе і Тылінг. (Асобна стаяць надзвычайна важныя

[1]) Гл. артыкул А. Мауля ў Technik für Alle За 1915—16 г.

[2]) Наглядацне гэта знаходзіцца ў згодзе з доследамі над дробнымі жывёлінамі, якія яшчэ раней наладжваліся К. Э. Цыалкоўскім пры дапамозе адцэнтразай машыны, а пазней прафесарам Н. А. Рынінам і іншымі ў Ленінградзе (1930 г.).

эксперыментальныя доследы амерыканскага фізіка, прафесара Гадарда, аб якіх мы будзем гаварыць у іншым месцы).

Аб доследах інжынера Зандэра мы ўжо гаварылі ў папярэднім раздзеле. Ракета Пагензе (1931 г.) пры вазе 13 *кг* мела ў даўжыню 3½ *м* і несла в сабою метэаралагічныя прыборы-самапісцы, а таксама фотаапарат і вымяральнік прыскорання. Прыборы былі змацаваны з парашутам, які пры апрабаванні ракеты аўтаматычна раскрываўся ў вышэйшым пункце пад'ёма і нармальна дастаўляў свой груз на зямлю.

Інжынер Тылінг у апошніх сваіх доследах (у канцы 1931 г.) пускаў ракеты 6½ *кг* вагою на вышыню 8 *км*; яны пераносіліся на адлегласць 18 *км*. Ён праектуе пусканне ракет, якія забяспечаны гіраскапічнымі стабілізатарамі, на вышыню 10—15 *км* для даследвання стратасферы. Ім-жа немечаны план перакідкі пошты з кантынента на бліжэйшыя астравы пры дапамозе порахавых ракет яго канструкцыі.

Нарыс гісторыі порахавай ракеты быў-бы няпоўны, калі-б мы не спыніліся больш падрабязна на праекце скарыстання порахавай ракеты ў якасці рухавіка для лятальнага апарата,—праекце Н. І. Кібальчыча які намі крыху закрануты раней на старонках 37 і 39. Гэты важны эпізод у гісторыі развіцця ідэі ракетнага лятання можа лічыцца выточным пунктам зоркаплавання і таму заслугоўвае больш дэталёвага разгляду.

XI. Лятальная машына Кібальчыча.

Мысль аб лятальнай машыне займала Кібальчыча яшчэ ў той час, калі ён жыў і працаваў на волі. Паветраплаванне ў той час было ў вельмі дрэнным стане. Людзі ўмелі ўзнімацца над зямлёю на паветраных балонах, але станавіліся ў паветры цацкай стыхіі; паветраных караблёў, якімі-б можна было кіраваць, яшчэ не існавала і шар несла ў той бок, куды дуў вецер. Кібальчыч марыў аб поўным перамажэнні паветра, калі чалавек здолее рабіць свой палёт у пажаданым кірунку.

„Якая сіла павінна быць ужыта, каб прывесці ў рух такую машыну?—разважаў Кібальчыч.—Сіла пары тут няпрыгодная... Паравая машына грамозная сама па сабе і патрабуе многа вугальнага награвання для прывядзення ў рух. Якія-б прыстасаванні не былі прыроблены да паравой машыны—накшталт крылляў, пад'ёмных вінтоў (прапелераў) і інш.—паравая машына не будзе мець магчымасці падняць самую сябе ў паветра".

Напомнім, што рухавікоў унутранога гарэння, якія развязалі пазней праблему авіацыі, тымі гадамі яшчэ не існавала. Вось чаму ад паравой машыны мысль рэвалюцыянера-вынаходцы звярнулася адразу да электрарухавіка.

„У электрарухавіках значна большая частка перaданай энергii ўтылізуецца ў выглядзе работы, але для вялікага электрарухавіка зноў-жа такі патрэбна паравая машына. Дапусцім, што паравая і электрарухальная машыны могуць быць устаноўлены на зямлі, а гальванічны ток можа па дратах, накшталт тэлеграфных, перадавацца паветраплавальнаму прыбору, які, слізгаючы асобай металічнай часткай па дратах, атрымлівае тую сілу, якою можна прывесці ў рух крыллі або іншыя падобныя прыстасаванні знарада. Падобная будова лятальнага знарада ва ўсякім разе была-б нязручнай, дарагой і не мела-б ніякіх пераваг перад рухам па рэйках“.

Рыс. 20. Нікалай Іванавіч Кібальчыч.

Ці не можа, аднак, чалавек абыйсціся зусім без механічных крыніц энергіі, а лятаць сілай сваіх мускулаў, як ездзіць веласіпедыст? Мысль Кібальчыча працавала і ў гэтым кірунку. Яму было вядома, што „многія вынаходцы грунтуюць рух паветраплавальных знарадаў на мускульнай сіле чалавека. Бяручы за ўзор пабудовы сваіх запраектаваных машын птушку, яны лічаць, што можна пабудаваць такія прыстасаванні, якія, пасля таго, як будуць прыведзены ў рух уласнай сілай паветраплавальніка, дазволяць яму ўзнімацца і лятаць у паветры. Я лічу, што калі і магчыма пабудаваць такога тыпа лятальнае прыстасаванне, дык яно ўсё-ж будзе мець характар цацкі і сур'ёзнага значання мець не можа“.

„Якая-ж сіла можа быць ўжыта ў паветраплаванні?“—зноў і зноў пытаў сябе Кібальчыч і, нарэшце, натрапіў на думку, якая здавалася яму адзіным вырашэннем задачы. Порах! Сіла ўзрыўных матэрый. „Ніякія іншыя матэрыі ў прыродзе не ўладаюць здольнасцю развіваць за кароткі прамежак часу столькі энергіі, як узрыўныя“.

З дзеяннем гэтых матэрый Кібальчыч быў знаёмы дасканала. Яшчэ да ўступлення ў партыю Народнай волі (1879 г.) ён „прадбачачы, што партыі ў яе тэрарыстычным змаганні прыдзецца скарыстаць такія матэрыі, як дынаміт, наважыўся вывучыць выраб і ўжыванне гэтых матэрый“. „З гэтай мэты—пісаў ён у сваіх паказаннях,—я папярэдне займаўся практычна хіміяй, а потым пера-

чытаў па літаратуры ўзрыўных матэрый усё, што мог дастаць. Пасля гэтага я ў сябе ў пакоі здабыў невялікую колькасць нітрагліцэрыну і такім чынам практычна даказаў магчымасць выраблядь нітрагліцэрын і дынаміт уласнымі сродкамі". Кібальчыч вынайшаў і сам рабіў тыя бомбы, якія былі кінуты пад карэту Аляксандра II. Для гэтага яму „даводзілася прыдумваць шмат новых прыстасаванняў, якія нідзе не ўжываліся". Прымаў ён актыўны ўдзел і ў падрыхтоўцы падкопу на Садовай вуліцы, дзе павінен быў праехаць цар. Ён разлічыў, „якая колькасць дынаміту неабходна для таго, каб узрыў, па-першае, дасягнуў мэты, а па-другое—не прычыніў шкоды асобам, якія выпадкова маглі быць на тратуары пры праездзе цара, а таксама бліжэйшым дамам".

„Але якім чынам,—пытаў Кібальчыч,—можна ўжыць энергію газаў, што ўтвараюцца пры ўспалымненні ўзрыўных матэрый, у якой-небудзь працяжнай рабоце? Гэта магчыма толькі пры той умове, калі велізарная энергія, якая ўтвараецца пры гарэнні ўзрыўных матэрый, будзе ўтварацца не адразу, а ў працягу больш ці менш працяжнага прамежку часу". Пры такіх умовах працуе прэсаваны порах у ракетах. Кібальчыч ясна ўяўляў сабе прычыны палёта ракеты—куды лепш, чым некаторыя спецыялісты нашага часу, якія наіўна лічаць, нібы ракета струменем газаў, што выцякаюць з яе, адштурхоўваецца ад акаляючага паветра. Ён разумеў, што акаляючае асяроддзе толькі затрымлівае палёт ракеты. Рухаючай-жа сілай з'яўляюцца газы, якія напіраюць на ракету з сярэдзіны.

Разважаючы ў гэтым кірунку, Кібальчыч прыйшоў да ідэі рэактыўнага самалёта, г. зн. лятальнай машыны, пабудаванай паводле прынцыпа ракеты. Трэба было распрацаваць гэту мысль, падаць яе ў выглядзе праекта і апублікаваць. Але рэвалюцыйная дзейнасць настолькі паглынула ўсе сілы Кібальчыча, што для падобнай работы ў яго не знайшлося часу. Наступіла падзея першага сакавіка: цар забіты бомбай Кібальчыча, сам Кібальчыч схоплены і змешчаны ў Петрапаўлаўскую крэпасць; яго чакае пакаранне смерцю. Чым-жа заняты рэвалюцыянер у апошнія дні свайго жыцця?

„Калі я з'явіўся да Кібальчыча, як прызначаны яму абаронца,—расказваў суду В. Н. Герард,—мяне перш за ўсё здзівіла, што ён быў моцна заняты зусім іншай справай, якая ані не датычылася гэтага працэса. Ён быў заняты вылічэннямі, якія рабіў аб нейкім паветраплавальным знарадзе; ён жадаў, каб яму далі магчымасць напісаць свае матэматычныя даследванні аб гэтым вынаходстве. Ён іх напісаў і падаў начальству".

Гэты выдатны дакумант захаваўся да нашых дзён. Аўтар даў яму такую назву:

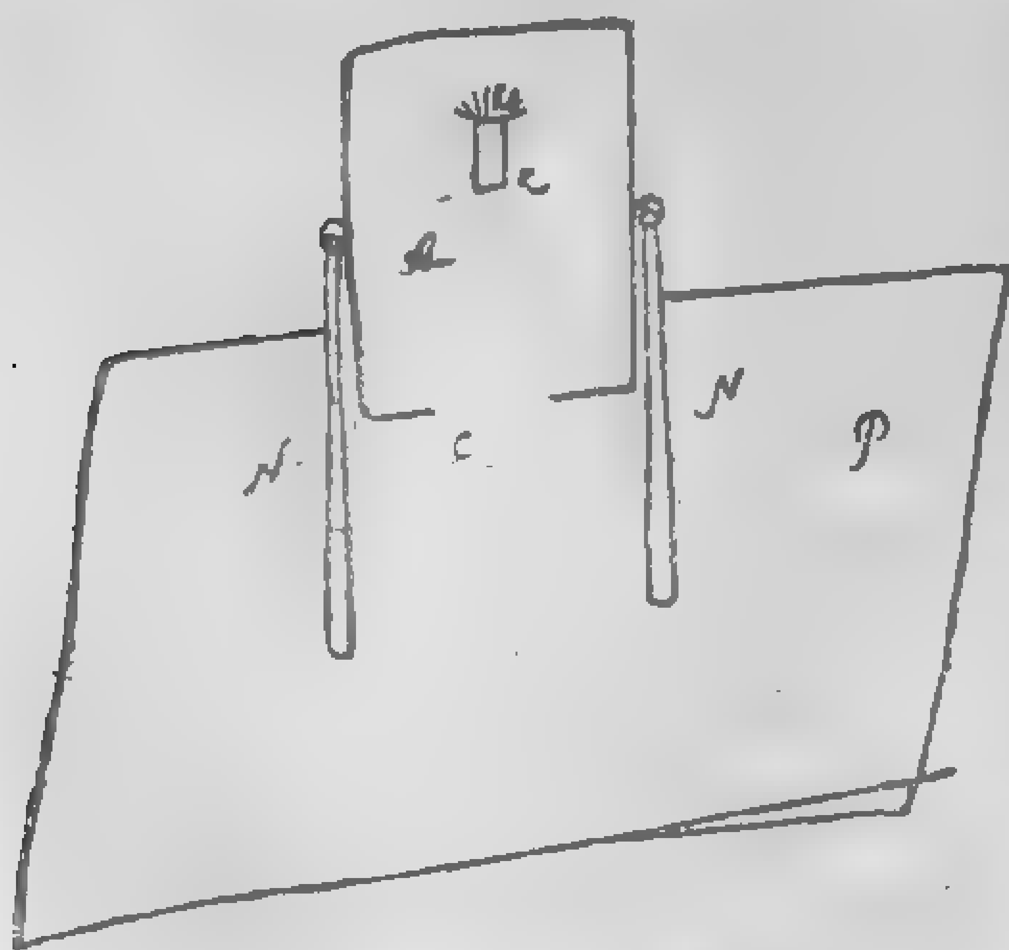
„Праект паветраплавальнага прыбора былога студэнта Інстытута інжынераў шляхоў зносін Мікалая Іванавіча Кібальчыча, члена рускай сацыяльна-рэвалюцыйнай партыі".

„Знаходзячыся ў няволі, за некалькі дзён да сваёй смерці, я пішу гэты праект,—такімі словамі пачынаецца тэхнічнае завяшчанне

Кібальчыча. Я веру ў выпаўняльнасць маёй ідэі і гэта вера падтрымлівае мяне ў маім жудасным становішчы.

„Калі мая ідэя пасля стараннага абмеркавання вучонымі-спецыялістамі будзе прызнана ажыццявімай, дык я буду шчаслівым тым, што зраблю велізарную паслугу бацькаўшчыне і чалавецтву. Я спакойна тады сустрэну смерць, ведаючы, што мая ідэя не загіне разам са мною, а будзе існаваць сярод чалавецтва, для якога я гатоў быў ахвяраваць сваё жыццё.

„Вось схематычнае апісанне майго прыбора. У цыліндры *A*, які мае ў ніжнім дне адтуліну *C*, устанаўляецца па восі порахавая свечка *K* (гэтак буду я называць цыліндрыкі з прэсаванага пораху). Цыліндр *A* пры дапамозе стоек *NN* прымацаваны да сярэдней часткі платформы *P*, на якой павінен стаяць паветраплавальнік. Для запальвання порахавай свечкі, а таксама для ўстанаўлення новай свечкі замест спаленай, павінны быць прыдуманы асобыя аўтаматычныя механізмы... Усё гэта лёгка можа быць развязана сучаснай тэхнікай.



Рыс. 21. Накідак праекта лятальнай машыны Кібальчыча, якая пабудавана паводле прынцыпа ракеты.

„Увявім цяпер, што свечка *K* запалена. Праз вельмі кароткі прамежак часу цыліндр *A* напаўняецца гарачымі газамі, частка якіх ціске на верхняе дно цыліндра, і калі гэты ціск перавышае вагу цыліндра, платформы і паветраплавальніка, дык прыбор павінен узняцца ўгару... Ціскам газаў прыбор павінен узняцца вельмі высока, калі велічыня ціску газаў на верхняе дно будзе ўвесь час падняцця перавышаць цяжар прыбора.

„Такім шляхам паветраплавальны прыбор можа быць пастаўлены ў адносінах да паветранага асяроддзя ў такім-жа стане, як судно, што стаіць нерухома ў адносінах да вады. Якім-жа чынам можна рушыць цяпер наш апарат у пажаданым кірунку? Для гэтага можна прапанаваць два спосабы. Можна ўжыць другі падобны-ж цыліндр, які ўстанаўляецца толькі гарызантальна і з адтулінай ў дне, якая звернута не ўніз, а ў бок. Для таго-ж, каб гарызантальны цыліндр можна было ўстанаўляць у якім хочаш кірунку, ён павінен мець рух у гарызантальнай роўніцы. Для вызначэння кірунку можа служыць компас. Але можна абмежавацца і адным цыліндрам, калі пабудаваць яго такім чынам, каб ён мог нахіляцца ў вертыкальнай роўніцы, а таксама мог-бы мець конусападобны рух. Нахіленнем цыліндра дасягаецца разам і падтрыманне апарата ў паветры і рух у гарызантальным кірунку".

Гэты праект рэволюцыянера-вынаходцы спаткаў трагічны лёс. Кібальчыч прасіў даць яго на суд спецыялістаў, і яму гэта абяцалі. З нецярплівасцю чакаў прысуджаны да пакарання смерцю заключэння аб каштоўнасці яго запаветнай мыслі. Набліжаўся дзень кары, а адказу не было. За два дні да кары Кібальчыч падаў міністру унутраных спраў наступную заяву: „Згодна загаду вашай светласці, мой проект паветраплавальнага апарата пераданы на разгляд тэхнічнага камітэта. Ці не можаце вы, ваша светласць, зрабіць загад аб дазволе мне мець спатканне з кім-небудзь з членаў камітэта па поваду гэтага праекта не пазней за заўтрашняе ранне, або прынамсі атрымаць пісьмовы адказ экспертызы, якая разглядае мой проект, таксама не пазней за заўтрашні дзень“.

Адказу не было. Кібальчыч быў ашуканы: яго праект нікуды далей за дэпартамент паліцыі не пайшоў і ніхто яго не разглядаў. Нейчая ўладная, але жорсткая рука напісала на яго прадсмяротным завяшчанні наступную рэзолюцыю:

„Даваць гэта на разгляд вучоных цяпер наўрад ці будзе своечасова і можа выклікаць толькі недарэчныя перагуды“.

Чыноўнікі аднесліся да праекта па-чыноўніцкі: запячаталі канверт, падшылі да справы і пахавалі ў архіве. Якая бяда, што гэтым прызначалася на забыццё выдатная тэхнічная ідэя, адна з самых смелых, якія калі-небудзь былі выказаны. 36 год была яна невядомай усяму свету, пакуль рэволюцыя 1917 года не зняла замкоў з дзвярэй паліцэйскага архіва. Толькі тады дайшла да нас запаветная мысль Кібальчыча.

На мове тэхнікі нашых дзён вынаходства Кібальчыча павінна быць названа не паветраплавальным прыборам, не самалётам, а зоркалётам, таму што гэты апарат мог-бы рухацца і ў абсалютнай пустаце міжзоркавых прастораў. Кібальчыч не падкрэслівае гэтай акалічнасці, якая з'яўляецца, на наш погляд, найбольш выдатнай асаблівасцю яго вынаходства. Не падкрэслівае ён гэтага, мабыць, таму, што ў яго эпоху, калі людзі не ўмелі яшчэ добра лятаць у атмасферы, несвоечасна было думаць аб палётах за яе межамі. Але па сутнасці гэта быў першы крок у гісторыі зоркаплавання.

На гэтым канчаецца нарыс гісторыі порахавай ракеты. Перш чым перайсці да агляда сучаснага стану ракетнай справы, неабходна пазнаёміць чытача з механікай ракеты, з умовамі яе руху і з перспектывамі зоркаплавання, што з іх выцякаюць.

XII. Крыніца энергіі ракеты.

Ракета—прыбор своеасаблівы, для большасці людзей зусім непрывычны. З тэорыяй яго руху мала хто знаёмы; апроч шчыльнага круга спецыялістаў. Механіка ракеты распрацована зусім нядаўна, такім чынам нават і ад дасведчаных прафесіяналаў-піратэх-

цікаў даводзіцца часамі чуць аб ракеце вельмі няправільныя меркаванні. Дырэктар вядомай ракетнай лябараторыі ў Шпандау, лепшай на свеце, надрукаваў у 1928 г. цікавы артыкул аб ракетах [1]), дзе выказаў, між іншым, сумненне ў тым, што ракета можа працаваць у пустаце... І гэта мінуўшы дзесяцігоддзе пасля апублікавання работы Гадарда, які на радзе доследаў даказаў адваротнае! У гэтым-жа артыкуле нямецкі спецыяліст сцвярджае, што скорасць ракеты пад канец гарэння „не можа перавысіць той, з якой порахавыя газы выцякаюць з ракеты". Цвярджэнне гэта верна для снарада-гарматы, але зусім памылкова для ракеты, скорасць якой, як убачым, можа ў многа разоў перавышаць скорасць струменю газаў, якія выцякаюць.

Пазнаёмімся-ж бліжэй з умовамі руху ракеты; неабходна ўзброіцца гэтымі ведамі, каб правільна разбірацца ў пытаннях зоркаплавання.

Пачнем з крыніцы энергіі ракеты. Такой крыніцай могуць быць як матэрыі ўзрыўныя, гэтак і гаручыя. У чым галоўнае адрозненне паміж імі? У тым, што ўзрыўныя матэрыі змяшчаюць неабходны для гарэння кісларод у саміх сябе, між тым як матэрыі, якія называюцца гаручымі, пазычаюць яго сазне. Порах, нітрагліцэрын, піраксілін—матэрыі ўзрыўныя; нафта, свяцільны газ, спірт—гаручыя. Тым часам рэзкай граніцы паміж целамі таго і другога рода вызначыць нельга: адна і тая-ж матэрыя можа быць аднесена то да ўзрыўных матэрый, то да гаручых, гледзячы па ўмовах гарэння. Вугаль пры звычайных умовах ёсць гаручае. Але той-жа вугаль з'яўляецца моцнай узрыўнай матэрыяй, калі ў выглядзе дробнага парашку ён абліты вадкім кіслародам і падпалены. Гэтак-жа сама бензін, калі гарыць у адкрытым паветры—бясшкоднае гаручае, а змешаны ў газападобным стане з паветрам павінен быць названы моцнаўзрыўнай матэрыяй.

Для руху ракеты неабходна, каб унутры яе нешта гарэла або ўзрывалася і каб газападобныя прадукты гэтай рэакцыі з вялікай скорасцю імкнуліся ў адным кірунку. Якую-ж матэрыю найбольш выгадна выбраць у якасці такога матэрыяла? Канечна, такую, якая дае прадуктам свайго згарання найвышэйшую скорасць.

Можна тэарэтычна вылічыць, якая гранічная скорасць адкіду атрымліваецца пры згаранні ў ракеце той ці іншай матэрыі. Мы ўжо выконвалі раней падобныя разлікі, калі вызначалі вышэйшую граніцу скорасці знарада гарматы. Тут прыдзецца зрабіць гэтакае-ж самае вылічэнне. Сапраўды: прадукты згарання або ўзрыва атрымаюць найбольшую скорасць тады, калі запас цеплавой энергіі, што развіваецца пры гарэнні, цалкам пяройдзе ў жывую сілу руху струменю газаў, якія выцякаюць. Намі атрымана была раней (раз. VII) адпаведная скорасць для чорнага пораху (2400 *м*), г. зн., што газы, якія выцякаюць з порахавай ракеты, не могуць набыць скорасць большую, як 2400 *м* за секунду. Цікава, што ў той час,

[1]) Гл. „Umschau" № 22, 1928 г.

як у агнястрэльнай гармаце не ўдаецца (і на думку спецыялістаў
ніколі не ўдасца) дасягнуць больш трэці гэтай гранічнай скорасці,
у самых новых порахавых ракетах (Гадарда) ужо амаль дасягнута
максімальная скорасць выцякання.

Але порах, асабліва чорны—далёка матэрыя не самая энерга-
ёмістая; ён значна ўступае ў гэтым сэнсе матэрыям гаручым—ка-
расіну, спірту нават дровам. Кілаграм чорнага пораху здольны
развіць пры ўзрыве менш 700 вялікіх калорый цяплыні: такава
„цеплатворная здольнасць“ пораху, якая служыць мерай для энер-
гіі, што ў ім змешчана. Цеплатворная-ж здольнасць гаручых ма-
тэрый, калі адносіць яе да вагі гаручага разам з вагою неабход-
нага для гарэння кіслароду [1]), куды большая. Паліць печы порахам
было-б безумоўна нявыгадна. Тым больш нявыгадна карыстацца ім
для руху ракет.

Найбольш багатай крыніцай энергіі для ракет быў-бы вада-
род, што гарыць з чыстым кіслародам. Зробім разлік гранічнай
скорасці выцякання прадуктаў такога гарэння. Устаноўлена дасле-
дам, што 1 кілаграм вадароду, які згарае ў чыстым кіслародзе, вы-
дзяляе 26000 вялікіх калорый цяпла. (Праўда, часта ўказваюць яшчэ
большы лік, але пры гэтым не ўлічваюць таго, што пры высокай
тэмпературы каля 10 проц. вадзяной пары, якая ўтвараецца, дыса-
цыіруе, г. зн. зноў раскладаецца, і рэакцыя гарэння не даходзіць
да канца). Прадуктам гарэння з'яўляецца 9 *кг* вадзяной пары.
Кожнаму кілаграму прадуктаў гарэння надаецца, значыць, $\frac{26000}{9}$,
г. зн. 2900 вялікіх калорый. Калі-б уся гэта цеплавая энергія
паўнасцю перайшла ў энергію паступальнага руху газавых часці-
нак, дык кожны кілаграм адкінутых газаў уладаў-бы кінетычнай
энергіяй у 2900×427 кілаграмаметраў, таму, што адна вялікая ка-
лорыя, ператвараючыся цалкам у механічную энергію, дае 427 кі-
лаграмаметраў работы. З другога боку, вызначыўшы скорасць
часцінак у струмені газаў, якія выцякаюць, літарай c, маем, што
жывая сіла кожнага кілаграма газаў, якія адкідаюцца ракетай
раўняецца, згодна правіл механікі,

$$\frac{1}{9,8} \times \frac{c^2}{2} = \frac{c^2}{19,6} \text{ кілаграмаметраў.}$$

Маем раўнанне:

$$2900 \times 427 = \frac{c^2}{19,6},$$

адкуль знаходзім, што скорасць $c = 4970$ *м*.

---

1) Лічбы цеплатворнай здольнасці гаручых матэрый, якія звычайна прыво-
дзяцца ў даведачных кнігах, нельга непасрэдна параўноўваць з цеплатворнай здоль-
насцю пораху. Трэба прыняць у разлік тое, што ўзрыўныя матэрыі пры згаранні
бяруць свой уласны кісларод, гаручыя-ж пазычаюць яго сазне. Адносячы лік ка-
лорый да вагі гаручага, трэба таму ўключаць у гэтую вагу таксама і вагу ўжы-
вальнага кіслароду. Дадатак досыць значны—большы за вагу самога гаручага:
кілаграм вугалю бярэ пры згаранні 2,2 *кг* кіслароду, 1 *кг* нафты — 2,8 *кг* кісла-
роду і да т. п.

Выходзіць, гранічная скорасць частак газавага струменю, які выцякае з дзюзы вадародна-кіслароднай ракеты, каля 5 *км* за секунду.

Такі-ж разлік для бензіну, карасіну, нафты дае гранічную скорасць выцякання—4300 *м* за секунду, для бензолу, пентану і метану—каля 4600—4700 *м*. Фактычна пакуль удалося атрымаць скорасць выцякання прадуктаў згарання бензіну з кіслародам не вышэй за 2000 *м* за секунду (доследы з ракетай Германскага таварыства зоркаплавання).

Мы бачым, што самай выгаднай для ракеты крыніцай энергіі з'яўляецца не ўзрыўныя матэрыі, а такія мірныя гаручыя, як вадарод, нафта, бензін.

Узрыўная матэрыі маюць тую асаблівасці, што яны вызваляюць энергію, якая ў іх знаходзіцца, амаль у момант—у шмат разоў хутчэй, чым, напрыклад, сумесь нафты і кіслароду. Але, як потым убачым, працяжнасць згарання не ўплывае на велічыню канчатковай скорасці, што набываецца ракетай (у асяроддзі без цяжару). Тое, што каштоўна для агнястрэльнай зброі, з'яўляецца непатрэбным для ракеты.

Апроч вялікай энергаёмістасці, гаручыя вадкасці маюць перад узрыўнымі матэрыямі яшчэ і тую перавагу, што гарэнне іх лёгка паддаецца рэгуляванню, між тым як узрыванне пораху, якое раз пачнецца, не можа быць спынена, пакуль не згарыць увесь зарад. А для плаўнага пускання ракеты неабходна мець магчымасць рэгуляваць ход гарэння.

Якой з гаручых матэрый павінны мы аддаць перавагу пры выбары зарада для ракеты? Мы ўжо бачылі, якое вялізнае значанне мае ў гэтым выпадку велічыня цеплатворнай здольнасці. Больш грунтоўны разгляд пытання паказвае, аднак, што калорыйнасць гаручага не з'яўляецца тут адзіным рашаючым фактарам. Скорасць выцякання прадуктаў гарэння вызначаецца формулай, якая складзена з некалькіх множнікаў, сярод якой ёсць і так званая „газавая пастаянная“. З прычыны таго, што апошняя велічыня раўняецца $\frac{848}{m}$, дзе m—малекулярная вага, то найбольшую газавую пастаянную мае вадарод, які апроч таго ўладае і вельмі высокай цеплатворнай здольнасцю. Вадкі вадарад з вадкім кіслародам быў-бы самым выгадным гаручым для ракеты, калі-б не высокі кошт вадкага вадароду і яго малая ўдзельная вага (0,07); звадкаваны вадарод патрабуе аб'ёмістых рэзервуараў і моцна паніжае так званую „папярочную нагрузку“ ракеты, робячы зоркалёт мала здольным перамагаць супраціўленне атмасферы. Як відаць, самае адпаведнае паводле энергаёмістасці і кошту вадкае гаручае—сумесь бензіну з вадкім кіслародам, больш таннае нават, чым чорны порах.

У літаратуры (асабліва рускай) па зоркаплаванню неаднакроць выказвалася думка выкарыстаць у якасці зарада для ракеты такія гаручыя саставы, якія, уладаючы высокай цеплатворнай здольнасцю,

маюць не газападобны, а цвёрды прадукт згарання (парашкападоб-
вае цела). Прапанова гэта зусім не прымальная. Цвёрды прадукт
згарання не ўладае ніякай скорасцю выцякання: ён асядзе на сцен-
ках дзюзы. Досыць успомніць, што „газавую пастаянную" у гэтым
выпадку трэба прыняць як роўную 0. Нерацыянальна таксама
і падмешванне да гаручых вадкасцяй такіх матэрый, якія даюць
цвёрды прадукт згарання у разліку на тое, што газы пры выця-
канні пацягнуць з сабою і часцінкі шчыльных матэрый. Такое вы-
цягванне не можа не выклікаць адпаведнага памяншэння скорасці
газавага патока (згодна закона захавання энергіі).

Вельмі важнае пытанне, якое звязана з гаручым—тэмпература
гарэння: ці не будзе яна настолькі высокай, што расплавіць сценкі
камеры згарання? На думку прафесара Оберта, выдатнага дасьлед-
вальніка пытанняў зоркаплавання, тэмпература ў камеры згарання
будзе каля 1500—1800°. Пры такой тэмпературы тэхнічна зусім
магчыма забяспечыць топку ад расплаўлення.

XIII. Механіка палёта ракеты.

Мы падыйшлі да другога боку механікі ракеты: да пытання аб
тым, ад якіх акалічнасцяй залежыць канчатковая скорасць ракеты
і—што не менш важна ўсвядоміць сабе,—ад якіх акалічнасцяй
яна не залежыць. Тэарэтычны вывад гэтых суадносін даны ў канцы
кнігі. Тут падаем толькі канчатковы рэзультат.

Матэматычны аналіз устанаўляе, што ў асяроддзі без цяжару (для спрашчэння пакуль не ўлічваем цяжару) канчатковая
скорасць, якая набываецца ракетай пасля гарэння, залежыць
толькі ад двух акалічнасцяй:

1) ад тае скорасці, з якой выцякаюць з яе трубы газападобныя
прадукты гарэння;

2) ад адносін першапачатковай масы ракеты да яе канчатковай
масы, г. зн. ад адносін масы ракеты да гарэння к масе яе пасля
гарэння.

Калі першапачатковую масу ракеты разам з запасам гаручага
абазначым праз M_i, а канчатковую масу, калі зарад выгарыць—
праз M_k, дык скорасць, што набываецца ракетай да канца гарэння,
залежыць ад велічыні дробу:

$$\frac{M_i}{M_k}.$$

Ні ад якіх іншых прычын канчатковая скорасць ракеты ў ася-
роддзі без цяжару не залежыць. Гэта—выдатны рэзультат. Выяў-
ляецца, што працяжнасць і парадак гарэння ніколькі не ўплываюць
на велічыню скорасці, якая набываецца ракетай: „Ці адбываецца
гарэнне роўнамерна ці не, цягнецца яно секунды або тысячагоддзі—
гэта ўсё роўна; нават перарывы нічога не значаць" (Цыалкоўскі).

Другі павучальны вывад той, што скорасць ракеты не абумоўліваецца зусім, як можна было спадзявацца, абсалютнай колькасцю спаленых матэрый; яна залежыць толькі ад **адносін** масы гэтых матэрый да масы незараджанай (больш верна—разраджанай) ракеты. Маленькая ракета, якая набіта некалькімі грамамі гаручага, можа набыць такую-ж канчатковую скорасць, як і гіганцкая ракета з зарадам у сотні або тысячы тон,—калі толькі канчатковая маса ракеты ў абодвух выпадках складае аднолькавую частку першапачатковай.

Чытач павінен таксама канчаткова вызваліцца ад распаўсюджанага ўяўлення аб ракеце, як аб апараце, які адштурхоўваецца ад паветра. Гэта старажытная пашыраная думка таму так жыве, што для павярхоўвага меркавання здаецца натуральнай і бесспрэчнай. Хоць правільны погляд на механізм палёта ракеты ўстанавіўся ўжо ў эпоху Н'ютона, памылка гэта ўладае большасцю розумаў яшчэ і ў нашы дні, перашкаджаючы правільна арыентавацца ў пытаннях ракетнага лятання.

Да рэчы спыніцца тут і на другой памылцы больш тонкага характара. Супроць магчымасці міжпланетавых пералётаў высоўваецца часамі наступны довад. На земным шары не існуе такога гаручага, энергія якога, ператвораная ў механічную работу, была-б дастатковай для перанясення яго самога хоць-бы на Месяц. Кілаграм найбольш энергаёмістага гаручага—сумесь вадарода з кіслародам—развівае не больш 2900×427, г. зн. 1240000 кілаграмаметраў. Тым часам, каб аддаліць адзін кілаграм матэрыі з земнай паверхні на адлегласць Месяца, патрэбна выканаць работу звыш 6000000 кілаграмаметраў. Адсюль робяць вывад, што гаручае, якое нават само сябе не можа ўзнесці на Месяц, тым больш не можа даставіць туды яшчэ які-небудзь груз. Значыць міжпланетавыя падарожжы—нязбытная мара; усе імкненні ёе ажыццявіць прызначаны на поўную няўдачу.

Разважанні падобнага рода, хоць і выказваюцца часамі дасведчанымі ў іншых адносінах аўтарамі, сведчаць аб поўным незнаёмстве з умовамі работы ракеты. Забываюцца, што ракета зусім не нясе з сабою запаса гаручага на працягу ўсяго шляху. Яна спальвае і адкідае сваё гаручае яшчэ па суседству з Зямлёю, за першыя некалькі мінут палёта; увесь-жа астатні шлях ракета ляціць за кошт энергіі, якая назапашана ў працягу гэтых нямногіх мінут гарэння.

Апроч таго трэба помніць, што міжпланетавая ракета расходуе масу гаручага, якая значна перавышае масу карыснага груза ракеты.

Звернемся цяпер да мовы матэматычных сімвалаў, каб больш выразна ахапіць умовы руху ракеты. Абазначым, як раней, пачатковую масу ракеты, г. зн. масу яе разам з зарадам, праз M_i; масу ракеты пасля расходвання зарада, яе канчатковую масу—літарай M_k. Скорасць, з якой прадукты згарання выдаляюцца ад ракеты, што ляціць (але не ад месца згарання), абазначым літарай c. Нарэшце скорасць, якая набываецца самой ракетай, пасля расходвання запаса гаручага (у колькасці $M_i - M_k$), абазначым праз v.

Між гэтымі чатырма велічынямі M_l, M_k, c і v існуе залежнасць, якая ўпершыню ўстаноўлена нашым адназемцам К. Э. Цыялкоўскім: мы маем рацыю называць яе „формулай Цыялкоўскага“. А іменна: *для ўсякай ракеты, якая ляціць у пустаце і ў асяроддзі без цяжару, справядліва наступная роўнасць* („раўнанне ракеты“):

$$\frac{M_l}{M_k} = 2{,}72^{\frac{v}{c}}.$$

Значэнне літар, якія ўваходзяць у раўнанне ракеты, нам вядома Што-ж датычыцца ліку 2,72, які ў ім фігуруе, дык знаёмыя з матэматыкай, зразумела, пазнаюць у ім аснаванне натуральных лагарыфмаў ($l = 2.71828...$).

Разгледзім некалькі вынікаў з гэтага раўнання[1]).

Перш за ўсё мы бачым, што ракета можа рухацца ў шмат разоў шпарчэй за прадукт згарання,—у супроцьлежнасць гарматнаму знараду, які не можа ляцець больш шпарка, чым порахавыя газы, якія яго штурхаюць. Сапраўды, калі мы жадаем, каб ракета рухалася ў дзесяць разоў шпарчэй за газы, што з яе выцякаюць, г. зн., каб адносіны $\frac{v}{c}$ раўняліся 10, мы павінны пакласці ў формуле ракеты $\frac{v}{c} = 10$; тады $\frac{M_l}{M_k} = 2{,}72^{10} = 2200$, г. зн. набітая ракета павінна быць у 2200 разоў цяжэй за ненабітую; або іншымі словамі—зарад павінен па вазе складаць $\frac{2199}{2200}$-ю частку вагі ракеты. Тэарэтычна гэта магчыма, практычна-ж, зразумела, не можа быць ажыццёўлена. Але пры меншых значэннях $\frac{v}{c}$ атрымліваецца для $\frac{M_l}{M_k}$ больш спрыяючыя суадносіны. Так, калі скорасць ракеты павінна толькі ўдвая перавышаць скорасць газаў, што з яе выцякаюць, дык адносіны

$$\frac{M_l}{M_k} = 2{,}72^2 = 7{,}4.$$

Гэта значыць, што вага зарада павінна складаць $\frac{64}{74}$, г. зн. 87 проц. вагі ракеты.

---

[1]) Шляхам ператварэння папярэдняму раўнанню можна надаць і іншы выгляд, а іменна:

$$q = Q\left(2{,}72^{\frac{v}{c}} - 1\right),$$

г. зн. маса зарада q раўняецца масе M_k карыснага груза, памножанага на выражэнне ў дужках.

Вось некалькі прыватных выпадкаў:

Адносіны $\frac{v}{c}$ скорасці ракеты да скорасці выцякання газаў . .	1	2	3	4	5	10
Адносіны $\frac{M_i}{M_k}$ вагі набітай ракеты да вагі ненабітай . . .	2,72	7,4	20,1	54,6	148	2200

Існі далей у сэнсе павялічэння скорасці ракеты, як бачым, у рэальных умовах не ўдасца: лікі другога радка растуць вельмі імкліва. Калі-б мы пажадалі, напрыклад, дабіцца скорасці ракеты у 20 разоў большай за скорасць выцякання газаў, нам давялося-б набіць яе колькасцю гаручага, якая ў 50 мільёнаў разоў большая за вагу ненабітай ракеты! Напомнім, што ў цыстэрне з карасінам змесціва толькі ў 13 разоў цяжэй за тару; нават у пчалінай ячэйцы мёд важыць усяго ў 60 разоў больш, чым васковая абалонка. Тэхніцы, мабыць, ніколі не ўдасца пабудаваць ракету, якая ў набітым стане перавышала-б вагу ненабітай ракеты хоць-бы толькі ў 100 або нават 50 разоў. Наўрад ці прыдзецца з гэтага поваду на практыцы мець справу з скорасцямі ракеты, якія перавышаюць скорасць прадуктаў гарэння больш, чым у 4 разы. Адсюль зразумела, як важна для развіцця ракетнай справы дамагчыся большай скорасці выцякання газаў. Кожная лішняя сотня метраў скорасці газаў стварае прыметную эканомію ў грузе гаручага, які бярэ з сабою ракета.

Становіцца відавочнай неабходнасць пераходу ад пораху да гаручых вадкасцяй для дасягнення значных скорасцяй палёта. Калі для ракет „земнага“ прызначэння порах з'яўляецца яшчэ досыць энергаёмістым зарадам, дык для пералётаў касмічных ён ужо зусім непрыгодны. У выглядзе прыклада зробім два разлікі:

1. Які зарад пораха неабходны ракеце, што прызначаецца для перакідвання бомбы ў 50 *кг* вагою з максімальнай скорасцю 500 *м* за секунду?

Няхай скорасць выцякання порахавых газаў з дзюзы раўняецца 1000 *м* за секунду (палавіне той, якая дасягнута ў доследах Гадэрда). Калі шуканы зарад x, дык паводле формулы Цыалкоўскага:

$$\frac{M_i}{M_k} = \frac{50+x}{50} = 2{,}72^{\frac{500}{1000}} = \sqrt{2{,}72} = 1{,}6.$$

Лёгка вылічыць, што $x = 30$ *кг*. Пры скорасці выцякання порахавых газаў 2000 *м* за секунду, дастатковы для гэтага яшчэ меншы зарад—14 *кг*.

2. Які зарад неабходны для перакідвання адной тоны карыснага груза з Зямлі на Месяц?

Каб даляцець да Месяца з найменшым расходам гаручага, ракета павінна быць забяспечана запасам энергіі, які адпавядае скорасці 12240 *м* за секунду (гл. стар. 123—124). Возьмем найбольшую скорасць выцякання порахавых газаў, 2400 *м* за секунду і складзем раўнанне:

$$\frac{M}{M_i} = \frac{x+1}{1} = 2{,}72^{\frac{12240}{2400}} = 2{,}72^{5,1} = 160.$$

Адсюль $x = 159$. Зарад павінен складаць $\frac{159}{160}$ вагі ракеты; на долю карыснага груза застаецца 0,6 проц. агульнай вагі. Няма чаго і гаварыць, што гэта канструктыўна ажыццявіць нельга.

Карыстаючыся-ж вадкім гаручым, якое мае скорасць выцякання газаў 4000 *м* за секунду, мы атрымаем куды больш спрыяючыя адносіны:

$$\frac{x+1}{1} = 2{,}72^{\frac{12240}{0400}} = 2{,}72^{3,06} = 20,$$

адкуль $x=19$. Зарад складае $\frac{19}{20}$ агульнай вагі, і на долю карыснага груза прыпадае ўжо 5 проц.

Чытачу павінна быць зразумела цяпер тая задача, якую высунулі перад сабою работнікі зоркаплавання на цяперашнім этапе яго развіцця: што-б там ні было, а вынайсці ракету з вадкім зарадам. Будучыню маюць толькі такія ракеты; без іх вабныя мэты зоркаплавання ніколі не будуць здзейснены ў сапраўднасць. У далейшых раздзелах мы пагутарым аб рэзультатах гэтых вынаходніцкіх імкненняў.

Пяройдзем цяпер да наступнага пункта механікі рэактыўнага руху. Як вылічыць *сілу*, з якой прадукты гарэння ціснуць на ракету? Для гэтага досыць ведаць колькасць гаручага, што спажываецца штосекундна, і скорасць выцякання газаў. Разлік грунтуецца на элементарных палажэннях дынамікі. Згодна закона супроцьдзеяння, колькасць руху (mc), якая ўласціва выцякаючым газам, у кожны момант раўняецца колькасці руху (Mv) самой ракеты. Апошняя-ж роўна націску сілы, што цягне ракету ($Ft = Mv$). Значыць (лічачы $t = 1$ сек.), маем, што шуканая сіла напору на ракету раўняецца:

$$F = mc,$$

дзе m—маса гаручага, якое штосекундна спажываецца, а c—секундная скорасць газавага струменю. Калі, напрыклад, ракета спальвае 160 *г* бензіна за секунду, а продукты згарання выцякаюць з скорасцю 2000 *м* = 200000 *см* за секунду, дык сіла напору на ракету (або сіла цягі) складае

$$160 \times 200000 = 32000000 \text{ дын} = \text{каля } 32 \text{ кг}.$$

У сувязі з гэтым у нямецкіх работнікаў ракетнай справы прынята характарызаваць ракетны матор такім дробам:

$$\frac{\text{гаручае, якое спажываецца за сек. (у кг)}}{\text{сіла напору газаў (у кг)}}.$$

Напрыклад, зараз спамянёны матор умоўна абазначаецца так:

$$„\text{Тып } \frac{0{,}16}{32}“$$

Якраз такі матор ставіцца, між іншым, на ракету берлінскага „Саюза зоркаплавання“; ён важыць усяго чвертку кілаграма. Там-жа зроблены і больш моцны матор тыпа $\frac{0{,}32}{64}$, які важыць 1,5 *кг*. Тры маторы тыпа $\frac{0{,}16}{32}$ дастатковы, каб узняць у стратасферу ракету, якая пабудована германскімі зоркаплавальнікамі.

Нам належыць яшчэ разглядзець пытанне аб уплыве сілы цяжару на палёт ракеты. Да гэтага часу мы вялі разлікі ў дапушчэнні, што земны цяжар на ракету не дзейнічае. Успомнім аднак, што пад уплывам зямнага цяжару ўсе целы каля паверхні Зямлі падаюць з секундным прыскарэннем каля 10 *м*. Адсюль непасрэдна вынікае, што калі ракета павінна ў асяроддзі без цяжару атрымаць рух проставесна ўгору з секундным прыскарэннем 40 *м*, дык узлятаючы ад Зямлі, яна атрымае прыскарэнне ўсяго ў 30 метраў. Далей, калі ўласнае прыскарэнне ракеты м е н ш а е за прыскарэнне зямнага цяжару, дык такая ракета зусім не будзе ўзнімацца на Зямлі, як-бы доўга ні працягвалася гарэнне і колькі-б гаручага не было зрасходавана. Нарэшце, у выпадку р о ў н а с ц і абодвух прыскарэнняў ракета ўяўляе малюнак, зусім незвычайны: яна нерухома вісіць над зямлёю ўвесь час, пакуль адбываецца гарэнне, а пасля сканчэння яго—падае на зямлю.

Як бачым, шпаркасць згарання, якая абумоўлівае нарастанне скорасці ракеты, вызначае ў асяроддзі цяжару лёс ракеты; калі гарэнне адбываецца занадта павольным тэмпам, адлёт ракеты зусім не адбудзецца. Матэматычны разгляд пытання (ён падаецца намі на староцы 117) паказвае, што ва ўмовах цяжару скорасць проставеснага ўзняцця ракеты заўсёды крыху меншая за тую, якую-б атрымала ракета пасля зрасходвання аднолькавага запаса гаручага ў асяроддзі без цяжару. Чым большае ўласнае прыскарэнне ракеты ў параўнанні з прыскарэннем цяжару, тым меншая розніца між скорасцю ракеты ў асяроддзі без цяжару і ва ўмовах цяжару. Але з прычыны таго, што чалавечы арганізм можа бяспечна пераносіць не больш чым патройнае павялічэнне зямнага цяжару, дык пры адлёце з Зямлі давядзецца практычна вельмі ўлічваць гэту розніцу.

Апроч сілы цяжару, адлёту ракеты з паверхні зямлі павінна перашкаджаць і атмасфера. Мы не можам разглядаць у гэтай кнізе ўплыў супраціўлення паветра на рух ракеты—пытанне гэтае надзвы-

чай складанае. Абмяжуемся ўказаннем на тое, што работа перамажэння ракетай атмасфернага супраціўлення куды. меншая, чым работа перамажэння цяжару. Пры вазе ракеты 10 *т*, плошчы папярочнага сячэння 4 $м^2$ і прыскарэнні яе руху—30 *м*, ціск узрыўных газаў на яе будзе раўняцца 30 *т*; супраціўленне атмасферы, згодна разлікаў К. Э. Цыалкоўскага, пры форме ракеты, якая добра абцякаецца, не будзе перавышаць 100 кілаграмаў. Прафесар Оберт, германскі тэарэтык зоркаплавання, лічыць, што скорасць ракеты, якая пасылаецца з Зямлі ў бесканечнасць, памяншаецца супраціўленнем атмасферы ўсяго на 200 *м* за секунду. Для ракет земнага прызначэння, якія пралятаюць у атмасферы значную частку шляху, велічыня супраціўлення большая, чым для касмічных. У выпадку адсылання, напрыклад, ракеты на Месяц (пры выбары найбольш эканомнага праекта) максімальная скорасць дасягаецца на вышыні 1700 *км*—далёка за межамі атмасферы. Шчыльны-ж слой атмасферы, таўшчынёй 50 *км*, прарэзваецца з досыць памяркоўнай скорасцю, якая толькі на ўзроўні 50 *км* дасягае 1,7 *км* за секунду—велічыні парадку скорасці знарада звышдальняй артылерыі. Тут, значыць, няма месца тым непакоям, якія часта выказваюцца працаўнікамі зоркаплавання, што ракета не мае моцы прабіць паветраны панцыр нашай планеты. Гэтак-жа сама і пры звароце з касмічнага пералёта зноў на Зямлю ракета трапіць у шчыльную частку нашай атмасферы зусім не з такой скорасцю, з якой ляцяць метэоры.

Прысутнасць атмасферы,—адзначым да рэчы,—не толькі не з'яўляецца перашкодай да ажыццяўлення міжпланетавых пералётаў, але наадварот, павінна разглядацца як фактар, без якога яны наўрад ці маглі-б быць калі-небудзь рэалізаваны. На самай справе: калі атмасфера крыху павялічвае расход гаручага пры адлятанні з Зямлі, дык затое яна-ж стварае велізарную эканомію гаручага пры звароце ракеты з міжпланетавага рэйса, даючы магчымасць затармазіць ракету амаль без расхода гаручага (больш падрабязна аб гэтым будзе сказана ў іншым месцы).

XIV.—Зорная навігацыя.

Скорасці, шляхі, тэрміны.

Першае, што патрабуе вырашэння пры абмеркаванні ўмоў зоркаплавання—гэта пытанне скорасці: якой скорасцю неабходна забяспечыць зоркалёт, што адпраўляецца з Зямлі, каб ён мог выканаць той ці іншы міжпланетавы рэйс? Некаторыя з лікавых даных, што сюды належаць, ужо падаваліся раней. Мы ведаем, што кругавы аблёт земнага шара ажыццяўляецца пры секунднай скорасці (за межамі атмасферы) у 7,9 кіламетраў, а пры затраце энергіі, якая адпавядае скорасці 11,2 *км*, зоркалёт зусім вызваляецца ад ланцугоў земнага цяжэння. Земнага,—але не сонечнага. Ракета, якая рынецца з Зямлі

з такою скорасцю ў кірунку гадавога руху нашай планеты, ператворыцца як-бы ў самастойную планету, якая будзе кружыцца не вакол Зямлі, а каля Сонца, маючы скорасць 30 *км* за секунду. Яна зможа без перашкоды аддаляцца ад Зямлі па яе арбіце, але не здолее яшчэ вырвацца з-пад улады Сонца, магутнае прыцяжэнне якога будзе ўтрымліваць яе на пэўнай адлегласці. Каб прымусіць ракету аддаліцца ад Сонца, г. зн. апісваць больш абшырную арбіту, трэба своечасова павялічыць яе скорасць або з самага пачатку кінуць яе ў прастору з павялічанай скорасцю. Калі мы жадаем, каб зоркалёт мог свабодна перамяшчацца па ўсёй планетнай сістэме і нават зусім пакінуць царства нашага Сонца, мы павінны забяспечыць яго энергіяй, якая адпавядае скорасці 16,7 *км* за секунду. Пры скорасці прамежнай між 11,2 *км* і 16,7 *км*, ракета здолее даляцець да арбіты кожнай з планет нашай сістэмы. Якая-ж мінімальная скорасць патрэбна для дасягнення з Зямлі той ці іншай планеты? Разлік[1]) дае наступныя лічбы:

Для дасягнення з Зямлі арбіты:	Неабходна мінімальная пачатковая скорасць:
Меркурыя	13,5 *км* за сек.
Венеры	11,4 „ „ „
Марса	11,6 „ „ „
Юпітэра	14,2 „ „ „
Сатурна	15,2 „ „ „
Урана	15,9 „ „ „
Нептуна	16,2 „ „ „
Плутона	16,4 „ „ „

Тут трэба зрабіць два тлумачэнні. Перш за ўсё слова „скорасць“ у гэтых выпадках ёсць не столькі мера быстрыні перасоўвання, сколькі мера запаса энергіі зоркалёта. Па-другое, не трэба лічыць, што, пакінуўшы Зямлю з некаторай скорасцю, зоркалёт захоўвае яе праз увесь час пералёта; не, скорасць у дарозе мяняецца згодна другому закону Кеплера: зоркалёт рухаецца тым больш павольна, чым далей адлятае ён ад цэнтра прыцяжэння.

Будучаму зоркаплавальніку давядзецца адплываць не толькі з Зямлі. У далёкіх вандраваннях з наведваннем іншых планет ён павінен будзе ўзлятаць на сваім караблі з іх паверхні. Якія спа-

[1]) Як выконваюцца падобныя разлікі, паказана ў канцы кнігі.

трэбяцца скорасці для вызвалення ад іх прыцяжэння? Гэта можна вылічыць ведаючы радыус планеты і напружанне цяжару на яе паверхні [1]). Рэзультаты вылічэнняў даны ў наступнай табліцы:

Планета	Неабходная пачатковая скорасць
Зямля	11,2 *км* за сек.
Месяц	2,4 „ „ „
Марс	5 „ „ „
Венера	10,3 „ „ „
Меркурый	3,7 „ „ „
Юпітэр	60 „ „ „
Сатурн	35 „ „ „
Уран	22 „ „ „
Нептун	24 „ „ „
Плутон	4,9 „ „ „

Цяжэй за ўсё было-б узняцца з паверхні (фотасферы) Сонца, калі-б гэта магло спатрэбіцца; патрэбна секундная скорасць у 618 *км*. Затое з паверхні Месяца можна адляцець пры скорасці ўсяго ў 2,4 *км*, якая не вельмі далёка ад той, з якой гарматныя ядры пакідалі жарало „Берты" пры бамбардаванні немцамі Парыжа на адлегласці 120 *км*.

Нябесныя целы, ад якіх лягчэй за ўсё адрывацца касмічнаму караблю—гэта астэроіды і дробныя планетавыя спадарожнікі. Каб пакінуць, напрыклад, паверхню аднаго з спадарожнікаў Марса— самых маленькіх з вядомых нам планетавых месяцаў, досыць было-б надаць ракеце пачатковую скорасць усяго толькі 20 *м* за секунду. Адсюль ясна, якое важнае значэнне набудуць у будучым падобныя мініятурныя нябесныя целы ў якасці зручных прыстаняй і рэйдаў для часовых стаянак касмічных караблёў.

Затое высадка на Юпітэр (з адваротным узлётам з яго) зусім невыпаўняльна пры тых сродках, якія мы можам прадбачыць. Сапраўды, для пад'ёма з Юпітэра патрэбна пачатковая скорасць 60 *км* за секунду—у 12 разоў большая, чым скорасць выцякання газу ў вадароднай ракеце. Але калі $\frac{v}{c} = 12$, дык $\frac{M_i}{M_k} = 2{,}7^{12} =$ = каля 160·000. (Гл. раўнанне ракеты). Пабудаваць ракету ў 160000

[1]) У Дадатках выведзена адпаведная формула і зроблен прыкладны разлік (стар. 120).

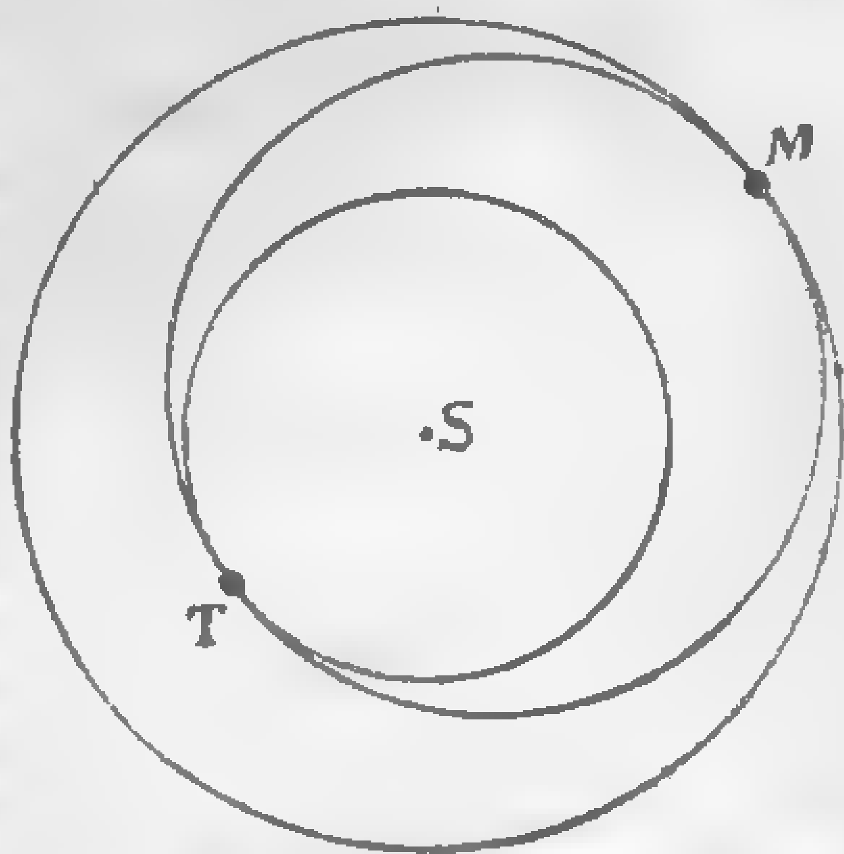
разоў лягчэйшую, чым змешчаны ў ёй запас гаручага,—зразумела немагчыма. Наогул наведванне вялікіх планет—Юпітэра, Сатурна, Урана, Нептуна—пытанне, якое не вырашана сучаснай тэорыяй зоркаплавання.

Ад скорасцяй пяройдзем да маршрутаў падарожжаў і да іх працяжнасці. З шляхамі лятання касмічных караблёў справа досыць своеасаблівая. Здавалася-б, у прасторы міжпланетавых пустынь самы натуральны і выгадны шлях—прамая лінія. Дзе, як не ў сусветнай прасторы, мэтазгодны быў-бы той прымітыўны спосаб вырашэння дарожнага пытання, пры дапамозе якога Нікалай I намеціў калісці кірунак Кастрычніцкай дарогі—пракладваць шляхі па лінейцы? Між тым іменна прамыя кірункі з'яўляцца ў зорнай навігацыі рэдкім выключэннем, правілам-жа будуць шляхі крывыя. Найкарацейшы ў геаметрычным сэнсе шлях будзе ў практыцы зоркаплавання настолькі нявыгадным у сэнсе расходвання гаручага, што ім зусім немагчыма будзе карыстацца.

Мы зразумеем паходжанне гэтага парадокса, калі ўспомнім, што ракета, якая пакідае земны шар у кірунку радыуса (больш дакладна—нормалі) зямной арбіты, захоўвае і тую скорасць, якую мае земны шар, г. зн. 30 *км* у кірунку, перпендыкулярнаму да радыуса. Калі-б мы захацелі накіраваць зоркалёт па найкарацейшым шляху на Марс у момант супроцьстаяння, дык павінны былі б перш за ўсё паменшыць да нуля 30-*км* скорасць зоркалёта па датычнай да земнай арбіты. Для знішчэння гэтай скорасці няма другога сродка, як надаць ракеце такую-ж скорасць у супроцьлежным кірунку. Значыць яшчэ да пачатку ўласна палёта на Марс, зоркалёт павінен развіць скорасць 30 *км* за секунду, для чаго пры нафтавым гаручым патрэбен быў-бы запас яго ў 1500 разоў цяжэйшы за самую ракету. Ужо і гэтага зусім нельга ажыццявіць,—а трэба-ж яшчэ мець запас гаручага для надання ракеце значнай скорасці ў кірунку да арбіты Марса; і, нарэшце, спатрэбіцца вельмі многа гаручага для бяспечнага спускання на Марс, бо, наблізіўшыся пад прамым вуглом да яго руху, зоркалёт павінен набыць тую скорасць, з якою Марс рухаецца па арбіце (24 *км* за секунду). Агульныя рэзультаты настолькі велізарныя, што невыпаўняльнасць падобнага палёта становіцца зусім бясспрэчнай.

Падобныя перашкоды будуць мець месца пры палёце па прамым шляху і да іншых планет, усё роўна знешніх ці ўнутраных. Даводзіцца таму адмовіцца ад прамалінейных маршрутаў і выбраць іншыя шляхі. Як мораплавальнікі для перасоўвання парусных суднаў карыстаюцца морскімі і паветранымі цячэннямі, так зоркаплавальнікі будуць карыстацца прыцяжэннем Сонца, накіроўваючы свае караблі па шляхах, што вызначаны законамі нябеснай механікі. А гэтыя дарогі—не прамыя: натуральны шлях касмічнага карабля—дуга эліпса, які больш або менш выцягнуты. Як і ўсякае нябеснае цела, зоркалёт павінен рухацца па канічным сячэнні. Разгледзім спачатку падарожжа на суседнія з намі планеты—Марс і Венеру. Маршруты на Месяц больш складаныя, і аб іх мы пагаворым асобна.

Палёт на Марс з найменшым расходам энергіі можа быць здзейснены па эліптычным шляху, які ахоплівае земную арбіту і ляжыць унутры арбіты Марса, датыкаючыся да абодвух арбіт у пачатковым і канечным пунктах падарожжа. Рысунак 22 тлумачыць сказанае; *Т*—палажэнне Зямлі, *М*—палажэнне Марса; эліпс *ТМ*—шлях пералёта. Ракета павінна пакінуць земны шар з такой скорасцю, якая неабходна, каб, падпарадкуючыся законам нябеснай механікі, накіравацца па эліпсе *ТМ*. Першапачатковы запас скорасці данясе ракету да пункта *М*, дзе (калі належным чынам выбраць момант адпраўлення) будзе знаходзіцца Марс; агледзеўшы Марс, не зніжаючыся на яго, пасажыры паляцяць у ракеце па другой палавіне эліптычнага шляху да вытокнага пункта *Т*. Але ці знойдуць яны тут у момант прыбыцця родную планету? Не, таму што ўсё падарожжа па такім маршруце зойме 519 сутак, і Зямля апынецца далёка ад свайго ранейшага палажэння.



Рыс. 22. Маршрут, самы выгадны для пералёта з Зямлі (*Т*) на Марс (*М*).

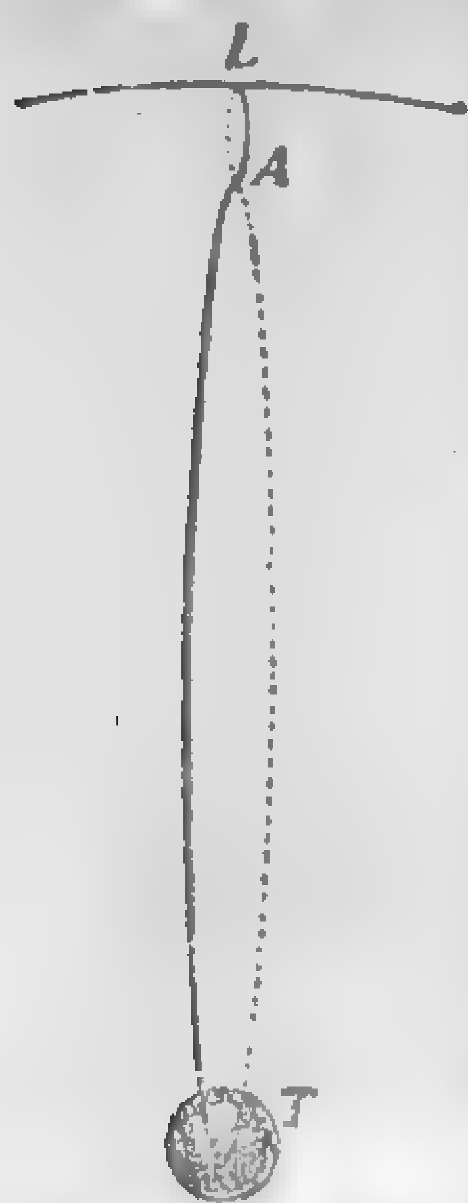
Адсюль узнікае неабходнасць пачакаць некаторы час, знаходзячыся ў стане спадарожніка Марса, перш чым адправіцца ў адваротны шлях. Паводле разлікаў германскага тэарэтыка зоркаплавання В. Гомана, перыяд чакання пры палёце на Марс павінен цягнуцца 450 сутак, так што ўсё падарожжа ў абудва канцы зойме 970 сутак. Такавы самы эканомны, у сэнсе расхода гаручага, маршрут. Скараціць працяжнасць магчыма толькі за кошт павялічэння скорасці, г. зн. расхода гаручага.

Для трохгадовага падарожжа ў сусветнай прасторы спатрэбілася б перш за ўсё забяспечыць пасажыраў велізарным запасам харчу. Ці можна разлічваць на вынаходства ў будучыні якіх-небудзь пажыўных пілюль, якія пры нязначнай вазе цалкам задаволяць чалавека? Не ўваходзячы ў дэталі, скажам проста, што падобныя мары зусім нязбытны. „Пакуль чалавек застаецца чалавекам, а прырода, у якой мы жывем, не перастае быць сама сабой, марыць аб насычэнні чалавека некалькімі таблеткамі так жа сама няма падставы, як верыць, што хто-небудзь мог 5000 чалавек насыціць трыма хлябамі“ (Б. Завадовский: „Может ли человек насытиться таблеткой?“). Мінімальная вага сутачнага харчовага пайка на аднаго чалавека не можа быць ніжэй 600 г. Гэта складае, пры падарожжы на Марс, запас яды звыш паўтоны для кожнага пасажыра, а значыць—многа дзесяткаў тон лішняга гаручага.

Наогул ажыццяўленне пералёта на Марс сустракае рад самых сур'ёзных перашкод, шляхі да вырашэння якіх у цяперашні час яшчэ не намечаны.

Але як-бы з цягам часу не былі развязаны гэтыя пытанні, ляцець на Марс ва ўсякім разе давядзецца не па прамым шляху ў 60 мільёнаў кіламетраў, а па значна больш доўгім кружным шляху, карыстаючыся дармовай сілай прыцяжэння Сонца, нашага выпрабаванага саюзніка ў рабоце на Зямлі. „Пры падарожжы на Марс і назад,—гаворыць адзін з тэарэтыкаў зоркаплавання, І. Вінклер,—цегаценне з'яўляецца ворагам у працягу 10 мінут, затое ў працягу рада гадоў—нашым прыяцелем".

Падобным-жа чынам можна прымусіць працаваць Сонца і пры пералёце на другую нашу суседку—Венеру. Тут таксама трэба выбраць кружны шлях, па эліпсе, які ў гэтым выпадку будзе датыкацца звонку арбіты Венеры і знутры—арбіты Зямлі. Падарожжа ў адзін канец па такім эліпсе працягнецца 147 з лішнім сутак, а поўны абарот—295 сутак. Зварот-жа на Зямлю без расхода гаручага магчымы толькі праз 2 з лішнім гады, пасля 470-сутачнага чакання ў якасці спадарожніка Венеры.



Рыс. 23. Самы выгадны шлях пералёта з Зямлі (T) на Месяц (L). Шлях перагінаецца ў пункце (A) роўнага прыцяжэння.

Але тымчасам інжынерам Гоманам распрацаваны праект больш кароткачасовага падарожжа да Венеры (без высадкі) са зваротам на Зямлю: пры параўнальна невялікім дадатковым расходзе гаручага ў дарозе агульная працяжнасць пералёта можа быць скарочана да 1,6 года. Тым-жа даследвальнікам прапанаваны маршрут $1^1/_2$-гадовага падарожжа з набліжэннем да Марса і да Венеры (не бліжэй за 8 мільёнаў *км*). Другі даследвальнік гэтага пытання, немецкі інжынер Пірке распрацаваў маршруты, якія змяншаюць працяжнасць пералёта на Марс да 192 сутак, а на Венеру—да 97 дзён; але гэтыя маршруты звязаны з куды большым расходам гаручага. Пры жаданні яшчэ больш паскорыць падарожжа на Венеру, можна выбраць шлях па эліпсе, які датыкаецца арбіты Зямлі і Меркурыя. Гэты маршрут адабраў-бы ўсяго 64 дні, але, зразумела, быў-бы яшчэ менш эканамічны.

Звернемся цяпер да падарожжаў на Месяц і разгледзім два праекты: першы—палёт на Месяц з высадкай на ім; другі—вылятанне за арбіту Месяца для агляду недаступнага для нас „задняга" боку начнога свяціла. (Чытачу, мабыць, вядома, што Месяц, абыходзячы вакол Зямлі, звернут да яе ўвесь час адным і тым жа сваім бокам; супроцьлежнага боку нашага спадарожніка мы бачыць не можам, і аб фізічнай яго пабудове нам нічога невядома).

Палёт на Месяц з высадкай на ім можа быць найбольш эканомна здзейснены згодна таго-ж плана, які распрацаваны быў яшчэ Жулем Вернам. Для шчаджэння гаручага трэба накіраваць ракету спачатку па выцягнутым эліпсе (рыс. 23), адзін фокус якога супадае з цэнтрам Зямлі, самы-ж аддалены ад Зямлі пункт знаходзіцца

ў месцы роўнага прыцяжэння абодвух нябесных цел. (Для спрашчэння мы лічым пакуль Месяц нерухомым). Шлях па гэтым эліпсе ў адзін канец, ад Зямлі да пункта A, ракета праляціць з запасам скорасці, які атрыманы пры першапачатковым гарэнні, без дадатковага расхода гаручага ў дарозе. Дасягнуўшы пункта A, ракета, калі-б яе пакінуць самую сабе, адправілася-б у адваротны шлях па другой палавіне эліпса. Але ўмяшанне пілота, які пускае на кароткі час у дзеянне ўзрыўны механізм, надае ракеце скорасць такой велічыні і такога кірунку, што зоркалёт мяняе курс: ён ляціць па дузе другога меншага эліпса, якая і прыводзіць яго да паверхні Месяца. Рух Месяца па яго арбіце вакол Зямлі мяняе выгляд шляху ракеты,— але наогул ён захоўвае S-падобную форму з пунктам перагіна на адлегласці 40000 *км* ад цэнтра Месяца.

Дадам да гэтай схемы некаторыя падрабязнасці, якія грунтуюцца на маіх разліках (што пададзены на стар. 124). Ракета ўзнімаецца з земнай паверхні спачатку з невялікай скорасцю, якая ў меру ўзлёта ўсё ўзрастае і дасягае максімума—9780 *м* за секунду адносна Зямлі—мінут праз 6 ад пачатку палёта. Да гэтага моманту ракета пакіне далёка ззаду за сабою ўсю таўшчыню атмасферы, бо будзе знаходзіцца на вышыні каля 1700 *км*. Шчыльную частку атмасферы ракета праляціць з памяркоўнай скорасцю, якая не перавышае 1,3 *км* за секунду (на вышыні 30 *км*). Знікаюць з гэтага поваду непакоі, што ў выніку супраціўлення атмасферы сценкі зоркалёта расплавяцца. Калі зоркалёт назапасіць скорасць 9780 *м*, г. зн. на вышыні 1700 *км*, пілот спыняе работу ракетнага матора і дае караблю ляцець па інерцыі, паступова змяншаючы скорасць пад дзеяннем земнага цягацення. Лініі роўнага прыцяжэння Зямлёю і Месяцам зоркалёт дасягае такім чынам са скорасцю, якая набліжаецца да нуля. Адсюль пачынаецца паданне на Месяц. Наблізіўшыся да яго паверхні на адлегласць 90 *км*, ракета павінна павярнуцца дзюзамі да Месяца і аднавіць гарэнне. Газы, вырываючыся з дзюз, у кірунку да Месяца, затрымліваюць сваёй рэакцыяй імклівасць падання і ў працягу адной мінуты зніжаюць яго скорасць ад 2300 *м* да нуля.

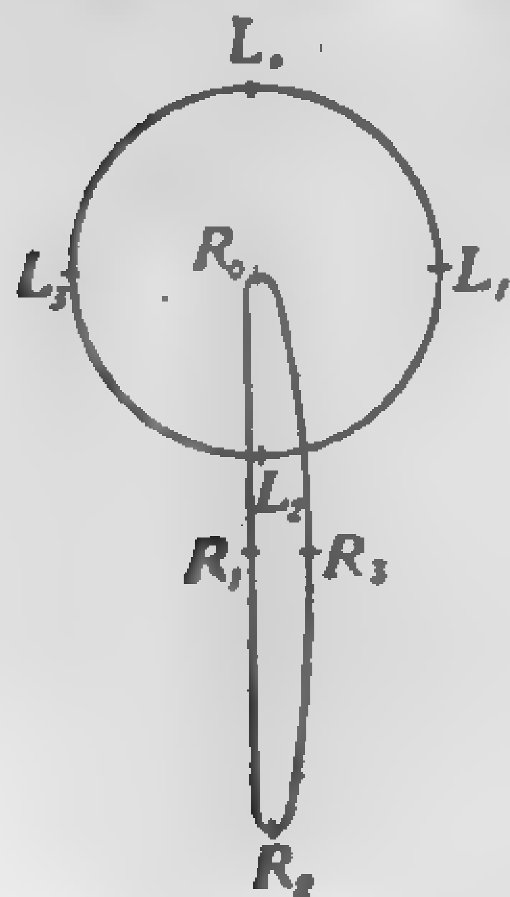
Якава працяжнасць гэтага падарожжа? Вылічэнне дае наступны рэзультат. Ад Зямлі да пункта роўнага прыцяжэння ракета будзе ўзлятаць 4,1 сутак. Адсюль пачнецца паданне на Месяц. Калі-б паданне гэта адбывалася толькі пад дзеяннем прыцяжэння Месяца, яно цягнулася-б 1,4 сутак (33,5 гадзіны). Але ракета падлягае таксама прыцяжэнню Зямлі, якое затрымлівае паданне; разлік паказвае, што земнае прыцяжэнне падвойвае працяжнасць падання ракеты на Месяц, так што агульная працяжнасць падарожжа:

$$4{,}1 + 2{,}8 = 6{,}9 \text{ сутак.}$$

Выходзіць, пералёт на Месяц,—калі яго весці самым эканомным чынам у сэнсе шчаджэння гаручага,—павінен заняць цэлы тыдзень. Пры гэтым з 7 сутак падарожжа ракета ляціць пад напорам газаў усяго толькі 7 мінут, рэшту-ж часу—па інерцыі.

Калі тэхнічныя ўмовы дазволяць не быць такімі эканомнымі ў гаручым, дык тэрмін падарожжа на Месяц можна будзе скарацiць. Гэтак, калі адправіць зоркалёт з скорасцю—на вышыні 1600 *км*—10 *км* за секунду, ён дасягне лініі роўнага прыцяжэння праз 43 гадзіны, маючы скорасць 1500 *м* за секунду, а адсюль даляціць да Месяца за 6 гадзін, патраціўшы на ўвесь пералёт толькі 2 сутак.

Пры першых палётах аднак нельга будзе ажыццявіць адразу пасадку на глебу Месяца, а давядзецца толькі абляцець вакол Месяца адзін або некалькі разоў на вельмі блізкай адлегласці для пільнай рэкагнасцыроўкі. Такі даследвальны кругавы палёт патрабаваў-бы параўнальна невялікай колькасці дадатковага расхода гаручага.



Рыс. 24. Маршрут вылёта за арбіту Месяца паводле проекта Гомана.

Праект палёта за арбіту Месяца для агляда недаступнай для земнага наглядальніка часткі начнога свяціла, падрабязна распрацованы В. Гоманам у кнізе „Дасягальнасць нябесных цел“ (Берлін, 1925 г.). Прапанаваны ім маршрут паказаны на рыс. 24, дзе адначасныя палажэнні ракеты і Месяца азначаны аднолькавымі лічбамі пры літарах R (ракета) і L (Месяц). Ракета пакідае Зямлю ў пункце R_0 і, пасля таго, як пабудзе ў пунктах R_1, R_2, R_3, зварочваецца да выточнага пункта. Час адлёта выбіраецца з такім разлікам, каб у працягу ўсяго падарожжа ракета не набліжалася-б да Месяца больш як напалову радыуса арбіты Месяца; прыцяжэнне ракеты Месяцам з гэтага поваду ніколі не будзе перавышаць $^1/_{20}$ адначаснага прыцяжэння Зямлі і значыць зменіць рух ракеты вельмі нязначна. Назіраць „задні“ бок Месяца (а гэта і з'яўляецца мэтай падарожжа (можна будзе і з пункта R_2. калі спадарожнік наш знаходзіцца ў L_2. Зразумела, момант адлёта павінен быць так выбраны, каб у пункце L_2 Месяц быў у фазе маладзіка (тады задні яго бок заліты сонечным святлом).

Такавы маршрут, што прапанаваны Гоманам. Разгледзім умовы яго ажыццяўлення. Ракета, пакінуўшы Зямлю з секунднай скорасцю 11200 *м*, дасягае адлегласці 40000 *км* ад паверхні Зямлі; да гэтага моманту скорасць ракеты павінна, як паказвае разлік, паменшыцца да 4350 *м*. Гоман вылічыў, што калі, знаходзячыся тут, ракета павялічыць гарэннем сваю скорасць усяго толькі на 110 *м*, дык гэтага будзе досыць, каб яна накіравалася па эліпсе, самы аддалены пункт якога R_2 ляжыць на адлегласці падвойнага радыуса арбіты Месяца (800000 *км*). Каб звярнуцца да Зямлі пасля дасягнення гэтага крайняга пункта, ракета павінна атрымаць зноў невялікае павялічэнне скорасці (90 *м*). Значыць апроч пачатковага ўзрывання, якое адпраўляе ракету ў яе міжпланетавы рэйс, падарожжа патрабуе яшчэ два кароткачасовых узрыванні ў дарозе з невялікім

расходам гаручага. Працяжнасць палёта вылічана Гоманам у 30 сутак. Пасажырам давядзецца ўзяць з сабой паводле разліку аўтара праекта, да 2800 *т* пораху і каля 3 *т* неабходных прыпасаў. Карыстанне, замест пораху, бензінам (і кіслародам), як мы ведаем з папярэдняга раздзела, значна паменшыла-б груз гаручага.

Плаванне па акіяне сусвета будзе патрабаваць ад пілота ўмення арыентавацца ў сусветнай прасторы, г. зн. вызначаць палажэнне ракетнага карабля ў кожны момант падарожжа. Як гэта будзе ажыццяўляцца? Як будзе ведаць марак сусвета, што карабель ідзе правільным курсам, а ня ўхіліўся ад прызначанага шляху, не прыстаў, не заляцеў занадта далёка ўперад?

Арыентаванне ў сусветнай прасторы становіць сабою па сутнасці не вельмі складаную астранамічную задачу. Увесь шлях ракетнага карабля вылічаны загадзя. Разам з тым загадзя вызначаны для кожнага моманту падарожжа: 1) вуглавая велічыня земнага шара і той планеты, да якой зоркалёт накіроўваецца; 2) нерухомыя зоркі, між якімі Зямля і планета прызначэння павінны быць бачнымі. У часе палёта пілот вымярае вуглавую велічыню земнага шара і палажэнне яго між зоркамі. Калі выявіцца, што бачныя размеры Зямлі большыя за тыя, што вылічаны наперад, дык гэта будзе азначаць, што карабель нядосыць аддаліўся ад Зямлі, г. зн. ляціць занадта марудна. Калі Зямля будзе відаць не каля тых зорак, якія павінны акружаць яе паводле разліку, дык гэта дасць указанне на неабходнасць адпаведна змяніць кірунак палёта. Арыентаванне па нябесных свяцілах палягчаецца тым, што за межамі атмасферы неба заўсёды чыстае і зоркі відаць нават пры святле Сонца.

Рыс. 25. Вальтэр Гоман, германскі тэарэтык зоркаплавання.

Аднаго вельмі важнага пытання—спускання мы да гэтага часу амаль не закранулі; спусканне ракеты на планету і перашкоды, якія звязаны з ім, будуць аднačасна разгледжаны ў далейшых раздзелах.

Шмат каго цікавіць, колькі будзе каштаваць пабудова і адпраўленне зоркалёта на Месяц. Хоць рабіць колькі-небудзь дакладныя фінансавыя разлікі ў гэтым абсягу немагчыма, падам рэзультат калькуляцыі, зробленай аўстрыйскім даследвальнікам пытанняў зоркаплавання Гвідо Пірке. Ён лічыць, што пабудова і адпраўленне на месяц першай пасажырскай ракеты ў 500 *т* вагою будзе каштаваць $3^1/_2$ мільёны марак; разам з папярэднімі доследамі першы пералёт на месяц патрабуе расходаў круглым лікам—10 мільёнаў марак.

XV. Праекты К. Э. Цыалкоўскага.

Пасля гэтых агульных заўваг пяройдзем да разгляду ўзора канкрэтнага праекта міжпланетавага пералёта, выбраўшы для гэтага план нашага земляка К. Э. Цыалкоўскага, тэарэтычныя доследы якога выперадзілі даследванні іншых двеячоў у тым жа абсягу, не толькі па часе, але часта і па паўнаце і рознастайнасці.

Падрабязна апісаць змест яго цікавых даследванняў—задача навуковага твора, а не папулярнай кнігі. Мы можам разгарнуць перад чытачом толькі агульны план заваёў сусветнай прасторы, як ён малюецца ў апошніх работах К. Э. Цыалкоўскага [1]). Гэты нарыс паможа чытачу, калі не ўявіць сабе, дык прынамсі адчуць асноўную лінію наступнага развіцця заатмасфернага лятання [2]).

Рыс. 26. К. Э. Цыалкоўскі, „патрыярх зоркаплавання“ (нарадзіўся ў 1857 г.).

Адлёт міжпланетавай ракеты з Зямлі адбудзецца дзе-небудзь у высокай горнай мясцовасці. Павінна быць падрыхтавана прамая роўная дарога для разбегу, якая ідзе нахільна ўгару пад вуглом 10—12°. Ракета змяшчаецца на экіпажы, які сам рухаецца,—напрыклад на аўтамабілі, які нясецца з найбольшай магчымай для яго скорасцю. Атрымаўшы такім чынам пачатковы разбег, ракета пачынае свой самастойны ўзбежны палёт угару пад дзеяннем гаручых матэрый, якія ў [redacted] узрываюцца. У меру ўзрастання скорасці, крутізна ўзлёта паступова памяншаецца, шлях ракеты становіцца ўсё больш нахілым. Вынырнуўшы за атмасферу, апарат бярэ гарызантальны кірунак і пачынае круціцца вакол земнага шара на адлегласці 1—2 тысяч кіламетраў ад яе паверхні, накшталт спадарожніка.

Паводле законаў нябеснай механікі, гэта магчыма,—як мы ўжо гаварылі,—пры секунднай скорасці [redacted] *км*. Скорасць гэта дасягаецца паступова: узрыванне рэгулююць так, каб секунднае прыскарэнне не вельмі перавышала прыскарэнне земнага цяжару (10 *м*) да якога мы прывыклі. Дзякуючы гэтым перасцярогам, штучны цяжар, які ўзнікае ў ракеце пры ўзрыве, не становіць сабою небяспекі для пасажыраў.

Гэтак дасягаецца першы і самы цяжкі этап міжпланетавага падарожжа—ператварэнне ракеты ў спадарожніка Зямлі. Каб прымусіць цяпер ракету аддаліцца ад зямлі на адлегласць Месяца або яшчэ далей—у іншыя зоны нашай сонечнай сістэмы,—патрэбна

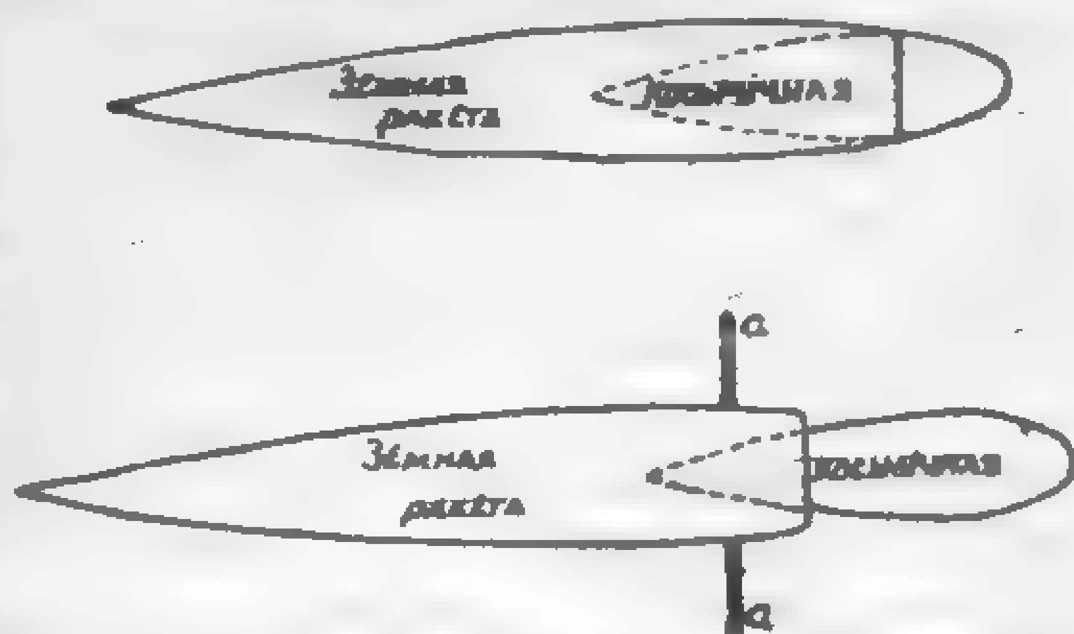
[1]) Галоўным чынам у кнізе „Исследование мировых пространств реактивными приборами“. Калуга, 1926.

[2]) Далейшы тэкст гэтага раздзела прагледжаны і часткова дапоўнены К. Э. Цыалкоўскім.

будзе толькі, дадатковым узрываннем, павялічыць у $1^1/_2$—2 разы скорасць той-жа ракеты. „Гэтак мы можам,—піша К. Э. Цыалкоўскі,—дабрацца да астэроідаў, маленькіх планетак, спусканне на якія, з прычыны малога цяжару на іх, не становіць цяжкасці. Дасягнуўшы гэтых малюсенькіх нябесных цел (ад 400 да 10 і менш кіламетраў дыяметрам), мы атрымаем шмат апорнага матэрыяла для касмічных падарожжаў“...

Спынімся больш падрабязна на гэтым першым і рашаючым этапе міжпланетавага падарожжа, які грунтоўна разгледжаны ў рабоце К. Э. Цыалкоўскага.

Мы сказалі раней, што пачатковы разбег надаецца ракеце аўтамабілем. Але для гэтай мэты падыходзяць наогул усякія транспартныя сродкі: паравоз, параход, аэраплан, дырыжабль. Падышла-б нават гармата, порахавая або электрамагнітная, калі-б неабходнасць рабіць яе надзвычайна доўгай (дзеля пасаблення штучнага цяжару ў знарадзе не павялічвала надзвычай яе кошту. Аднак усімі пералічанымі сродкамі (апрача гарматы)—нельга спадзявацца дасягнуць скорасці больш за 700 *км* за гадзіну (200 *м* за секунду). Прычына на тая, што акружная скорасць на вобадзе кола або на канечных пунктах прапелера не павінна перавышаць 200 *м* за секунду—інакш цела, якое верціцца, пагражае разрыў. Між тым надзвычай важна давесці скорасць ракеты да магчыма большай велічыні яшчэ на Зямлі, пры першапачатковым разбезе, бо гэта ствярае вельмі прыметную эканомію ў колькасці матэрый, якія запасаюцца ракетай для ўзрывання.



Рыс. 27. Схема ракет Цыалкоўскага—земнай і касмічнай—да раз'яднання і (уніве) у момант раз'яднання.

Замест аўтамабіля або якога-небудзь іншага экіпажа на колах, Цыалкоўскі прапануе скарыстаць для разбегу зноў-жа ракету. Гэту дапаможную ракету ён заве „земнай“,—у адрозненне ад „касмічнай“, якая прызначана для міжпланетавага рэйса. Ракета касмічная павінна быць часова змешчана ўсярэдзіну ракету земнай, якая, не адрываючыся ад глебы, надасць ёй належную скорасць і ў патрэбны момант вызваліць для самастойнага палёта ў сусветную прастору (гл. рыс. 27).

Земная ракета пад дзеяннем узрывання будзе шпарка несціся без кол. па асобных, моцна змазаных рэйках. Страта энергіі на церце, (якое пасаблена змазкай) моцна памяншаецца пры вельмі вялікіх скорасцях. Што-ж датычыцца супраціўлення паветра, дык яго можна давесці да мінімальнай велічыні, надаўшы ракеце вельмі падоўжаную форму, якая лёгка абцякаецца паветрам. Калі-б

магчыма было пабудаваць ракету ў сто разоў даўжэй за яе таўшчыню, супраціўленне паветра было-б гэткае мізэрнае, што на яго можна было-б не звяртаць увагі. Даўжыню земнай ракеты нельга аднак практычна рабіць звыш як 100 *м*; а з прычыны таго, што таўшчыня яе павінна быць не меншая за некалькі метраў, дык ракета будзе ўсяго ў 20—30 разоў даўжэй за свой папярочнік. Аднак і пры такіх умовах агульнае супраціўленне руху земнай ракеты будзе складаць усяго некалькі процантаў энергіі яе руху.

Значыць, адкрытая спераду земная ракета з укладзенай у яе касмічнай імкліва рухаецца па дарозе, што для яе падрыхтавана. Наступае момант, калі трэба вызваліць касмічную ракету і пусціць яе ў сусветную прастору. Якім чынам гэта зрабіць? Цыалкоўскі ўказвае вельмі просты сродак: затармазіць земную ракету—касмічная вырвецца тады з яе па інерцыі і, пры адначасовым пуску ўзрыўнога механізма, пачне самастойна рухацца з узрастаючай скорасцю. Тармажэнне-ж земнай ракеты дасягаецца проста тым, што канечны ўчастак дарогі пакідаюць незмазаным; павялічанае церце затрымае і нарэшце зусім спыніць рух дапаможнай ракеты без дадатковага расхода энергіі. Яшчэ лепшы спосаб тармажэння складаецца з таго, што з земнай ракеты высоўваюцца перпендыкулярныя да яе планы, якія яе тармозяць: супраціўленне ім паветра пры вялізнай скорасці вельмі вялікае, і ракета хутка спыніцца. Таму-ж спрыяе адкрытая тупізна пярэдняй часткі ракеты.

Скарыстанне земнай ракеты для надання касмічнай ракеце пачатковай скорасці, як мы ўжо заўважылі, прыкметна разгружае гэты нябесны карабель: яно вызваляе яго ад неабходнасці несці з сабою вельмі вялікі запас гаручага. Мы ведаем, што для перамажэння сонечнага прыцяжэння і, значыць, для свабодных палётаў па ўсёй планетавай сістэме, ракета павінна ўладаць скорасцю каля 17 кіламетраў за секунду. Каб нерухомая ракета набыла такую скорасць, неабходна, у выпадку гарэння вадароду, узяць запас матэрыі для ўзрыва разоў у 30 (а для ракеты з нафтай—у 70 разоў) больш за астатнюю вагу ракеты. Між тым, калі касмічная ракета ўжо набыла ад разбегу земнай ракеты скорасць у 5 кіламетраў, паказаныя адносіны памяншаюцца ўтроя; запас матэрый для ўзрыва (вадароду і кіслароду) павінен быць толькі ў дзесяць разоў цяжэй за ненабітую ракету. Для атрымання 5-кіламетравай секунднай скорасці патрэбен для земнай ракеты шлях па зямлі ў 25 *км*, пры паскарэнні 50 *м*. Цяжар у ракеце павялічваецца пры гэтым у пяць разоў (50 : 10); пасажыры на гэты час павінны быць пагружаны ў ваду, інакш яны наўрад ці вытрымаюць такі ўзмоцнены цяжар. Наогул атрыманне на Зямлі такіх скорасцяй сустрэне шмат перашкод. Аднак, можна абмежавацца і меншай.

Каб скончыць з з е м н а й ракетай, падамо яшчэ некалькі лічбаў для арыентавання. Вага яе павінна быць каля 50 тон, з якіх тон 40 прыпадае на матэрыі для гарэння; разам з укладзенай у яе 10-тоннай касмічнай ракетай, цалкам знараджаная земная ракета будзе важыць тон 60. Аднак земная ракета можа будавацца і меншай

вагі, але тады выгада будзе не такая значная. Працяжнасць разбегу залежыць ад даўжыні шляху. Узрыванне вядзецца такім тэмпам, каб штучны цяжар, што абумоўлены нарастаннем скорасці, быў вельмі невялікі—ад 0,1 земнай да, у крайнім выпадку,—10 кратнай. Пры паскарэнні, значна большым за земнае, пасажырам неабходна будзе, на думку К. Э. Цыалкоўскага, пагружацца ў ванну для пазбаўлення ад шкодных вынікаў узмоцненага цяжару. Пры паскарэнні ж не больш 30 *м* штучны цяжар не перавышае ступені, якая чалавекам пераносіцца без шкоды. Гэтакаму-ж бяспечнаму штучнаму цяжару, зразумела, падлягаюць і пасажыры, якія знаходзяцца ў касмічнай ракеце. Куды больш моцны штучны цяжар, які выклікаецца раптоўным т а р м а ж э н н е м земнай ракеты на параўнальна кароткім шляху. Паводле сваёй велічыні ён прыметна больш небясьпечны для нашага арганізма; таму неабходна зрабіць так, каб кіраванне ўзрывам у земнай ракеце ажыццяўлялася аўтаматычным шляхам, без непасрэднага ўдзела чалавека. Пасажырам-жа касмічнай ракеты гэтае тармажэнне не можа нанесці шкоды, бо ў першы-ж момант тармажэння яны, зусім не паменшыўшы дасягнутай скорасці, ужо пакінуць у сваім знарадзе земную ракету.

Ракета к а с м і ч н а я, якая прызначана для міжпланетавых палётаў, павінна мець параўнальна невялікія размеры. Паводле Цыалкоўскага, яе даўжыня 10—20 *м*, папярочнік—1—2 *м*. Для паспяховага плавання пры спуску на Зямлю або на іншыя планеты, спатрэбіцца, магчыма, злучаць разам некалькі такіх цыгарападобных ракет адна каля другой. Абалонка можа быць з сталі (вальфрамавая, хромавая, або марганцавая сталь) сярэдняй таўшчыні. Паводле разлікаў Цыалкоўскага абалонка ракеты ў 100 кубічных метраў можа важыць менш за тону (650 кілаграмаў).

У якасці гаручай матэрыі можна будзе, мабыць, абыйсціся нафтаю, як матэрыяй недарагой, і якая дае газападобныя прадукты гарэння, што выцякаюць з трубы з досыць значнай скорасцю— каля 4 *км* за секунду. Зразумела, куды больш выгадна ўзрываць не нафту, а чысты вадкі вадарод (скорасць прадуктаў гарэння, якія адкідаюцца—да 5 *км* за секунду), але гэта матэрыя досыць дарагая. Неабходны для гарэння і дыхання кісларод бярэцца ў звадкаваным выглядзе. Перавага, якая даецца вадкасцям перад моцна сціснутымі газамі, зусім зразумелая. Сціснутыя газы неабходна было-б хаваць у герметычных рэзервуарах з тоўстымі сценкамі, маса якіх у некалькі разоў перавышае масу захаванай матэрыі; запасаць кісларод у такім выглядзе—азначала-б абцяжаць ракету мёртвым грузам, а мы ведаем, як невыгадны для міжпланетавай ракеты кожны лішні кілаграм мёртвай масы. Звадкаваны-ж газ робіць на сценкі пасудзіны параўнальна міэрны ціск (калі хаваць яго, як звычайна і робяць, у адкрытым рэзервуары). Нізкая тэмпература вадкага кіслароду—каля мінус 180° Ц—можа быць скарыстана для бесперапыннага ахалоджвання напаленых частак узрыўнай трубы.

Адна з самых адказных частак ракеты—узрыўная труба (дзюза). У касмічнай ракеце Цыалкоўскага яна павінна мець каля 10 *м* у

даўжыню і 8 *см* у вузкай часці; вага яе каля 30 *кг*. Гаручае і кісларод напампоўваюцца ў яе вузкую частку маторам аэрапланавага тыпа магутнасцю да 100 конскіх сіл. Тэмпература ў пачатку трубы даходзіць да 3000° Ц, але паступова падае, у меру набліжэння да адкрытага канца. Нахільная частка трубы, як мы ўжо гаварылі, ахалоджваецца вадкім кіслародам. Труба мае канічную форму з вуглом раструба не больш 30°; гэта ў шмат разоў скарачае даўжыню трубы пры добрым скарыстанні цеплаты гарэння.

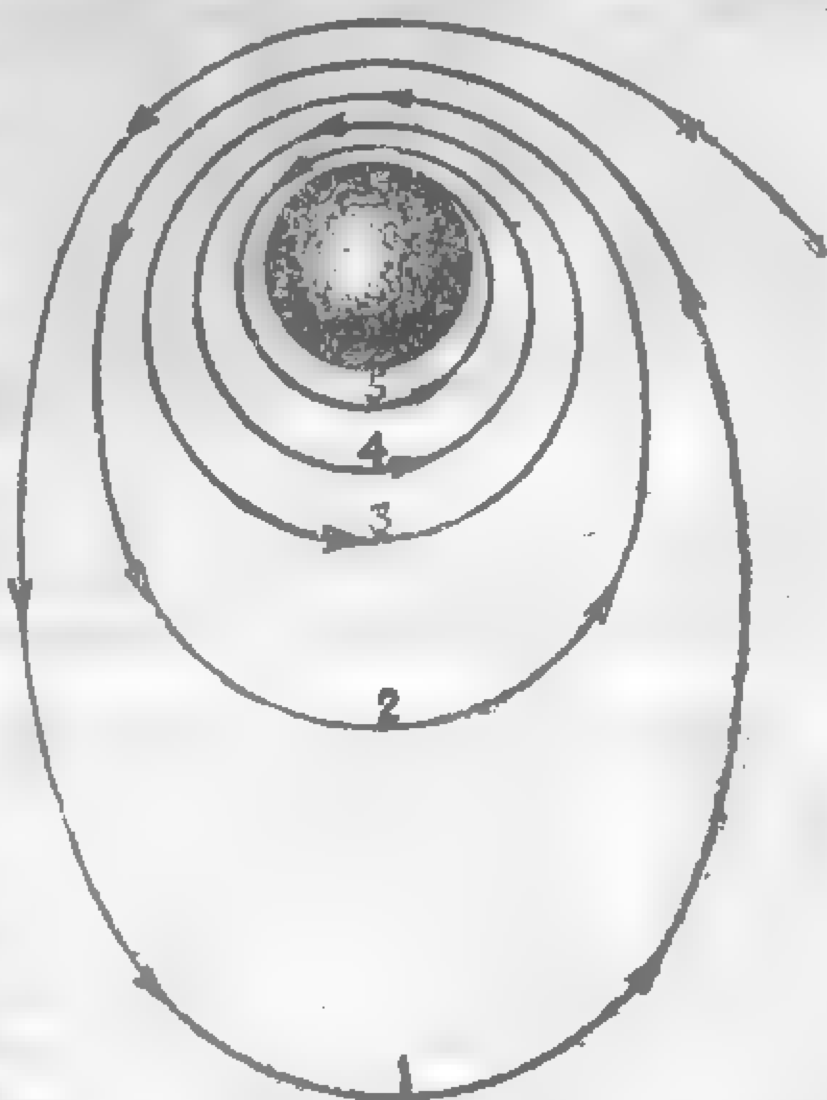
Можа здацца дзіўным, што касмічная ракета, якая прызначана для руху ў пустаце сусветнай прасторы, будзе забяспечана рулямі; гарызантальным рулём вышыні, простастаўным рулём кірунку і рулём бакавой устойлівасці. Але не трэба выпускаць з-пад увагі, па-першае, таго, што ракеце пры спусканні на Зямлю давядзецца планаваць у атмасферы без узрывання, накшталт аэраплана. Па-другое, рулі патрэбны будуць і зне атмасферы, у пустаце для кіравання ракетай: шпаркі струмень газаў, які вырываюцца з трубы, сустракаючы руль, ухіляецца ў бок, выклікаючы тым самым паварот ракеты. З гэтай прычыны рулі змяшчаюцца непасрэдна ля выточнай адтуліны ўзрыўнай трубы.

Непатрэбна пералічаць усе тыя прыстасаванні, якімі неабходна будзе забяспечыць пасажырскую каюту. Раманісты, якія марылі аб міжпланетавых пералётах, досыць пісалі аб гэтым і ўвогуле— досыць правільна. Адзначым толькі што ўнутры каюты, якая герметычна зачынена, павінен знаходзіцца кісларод, неабходны для дыхання (азот непатрэбны), пад ціскам у $^1/_5$ або $^1/_{10}$ атмасферы. Вокны з кварцу з забяспечным слоем звычайнага шкла злучаць трываласць з аховай пасажыраў ад ультрафіялкавых прамянёў сонца і дадуць ім магчымасць агдядаць ваколіцы і арыентавацца пры кіраванні ракетай.

Вось пры якіх умовах будуць адпраўляцца касмічныя дырыжаблі ў свой міжпланетавы рэйс. Перцы этап—кружэнне вакол земнага шара накшталт яе спадарожніка. Другі—вандраванне ў аддаленыя зоны нашай сонечнай сістэмы, да іншых планетавых светаў. Абодва гэтыя этапы намі ўжо разгледжаны. Наступны этап—спусканне на планету—становіць куды больш перашкод, чым можа здавацца на першы погляд. Ракета нясецца з велізарнай касмічнай скорасцю; спусціцца прама на планету, якая рухаецца у другім кірунку з іншай скорасцю, значыць падвесці ракету пад знішчальны ўдар і няўхільную гібель. Як ухіліцца ад удара, як паменшыць скорасць настолькі, каб магчыма было бяспечнае спусканне на планету? Не забудземся, што тая-ж перашкода ўзнікне пры звароце на нашу родную планету. Патрэбна вынайсці сродкі яе перамагчы.

Тут ёсць два шляхі. Першы—той, які выкарыстоўвае машыніст, калі жадае хутка спыніць паравоз на ходу: ён дае „контрпару“, г. зн. надае машыне адваротны ход. Ракета таксама можа даць „контрпару“, павярнуўшыся адтулінай трубы да планеты і пусціўшы ў рух узрыў. Новая скорасць, якая мае кірунак адваротны існуючай скорасці, будзе адымацца ад апошняй і паступова

паменшыць яе да нуля (зразумела, толькі ў адносінах да планеты). Гэта прыводзіць аднак да досыць безнадзейных вывадаў. Калі для адпраўлення ракеты ў дарогу патрэбна было спаліць, напрыклад, такую колькасць узрыўных матэрый, маса якой складае 0,9 масы ракеты, дык, дапускаючы, што спусканне адбудзецца на Зямлю, або на планету з роўнай сілай цяжару (напрыклад, на Венеру), для астаноўкі прыдзецца расходваць яшчэ 0,9 астачы, а за абудва разы $0{,}9+0{,}1\times0{,}9=0{,}99$ усёй яе масы. Застаецца ўсяго 1 проц. першапачатковай масы. Трэба, значыць, пабудаваць ракету так, каб маса яе абалонкі складала не больш 1 проц. масы прырыхтаванай ракеты. Гэта ўжо досыць цяжка,— каб не сказаць немагчыма,—а яшчэ-ж патрэбна будзе зноў узляцець з наведанай планеты, патраціўшы зноў 0,9 пазасталай масы ракеты, ды яшчэ апусціцца на земны шар з новым расходваннем 0,9 астачы. У канечным выніку з 10000 *кг* масы зоркалёта, які адправіўся ў міжпланетавы рэйс, звярнуўся б усяго адзін кілаграм...



Рыс. 28. Спіральны шлях ракетнага карабля, які тармозіцца аб земную атмасферу пры звароце з міжпланетавага палёта.

Гэтакі бязрадасны вывад пазбавіў-бы нас усякай надзеі на наведванне буйных планет, калі б якраз гэтыя планеты не былі акружаны атмасферай, якую можна скарыстаць у якасці свайго рода паветранага тормаза. Тут мы падыходзім да другога сродку памяншэння скорасці міжпланетавай ракеты. Згодна праекта Цыалкоўскага, ракета можа апісваць спіраль вакол планеты, якая паступова звужваецца, прарэзваючы кожны раз частку яе атмасферы і губляючы таму з кожным новым абаротам некаторую частку сваёй скорасці. Паменшыўшы імклівасць руху, да патрэбнай ступені ракета зробіць спусканне, плануючы на паверхню планеты, выбраўшы для большай бяспечнасці месцам для спускання не сухазем'е, а мора. Цікава, што тую-ж ідэю аб скарыстанні тормазнага дзеяння атмасферы выказаў і падрабязна распрацаваў незалежна ад Цыалкоўскага (хоць і пазней за яго) нямецкі даследчык міжпланетавых палётаў інжынер Гоман. Аднак сказанае толькі палягчае вырашэнне, але не развязвае праблемы **высадкі** на планеты, асабліва вялізныя, з адваротным пад'ёмам. Гэта, па сутнасці, адно з нявырашаных пакуль, нават у тэорыі, пытанняў зоркаплавання.

Такавы ў галоўных сваіх рысах малюнак заваёвы сусветнай прасторы, які рысуецца нашаму даследчыку ў далячыні будучага. Практыка, бязумоўна, унясе ў яго больш або менш значныя змены.

Не трэба з гэтага повату надаваць абсалютнага значэння падаваму тут нарысу. Гэта толькі папярэдні план для арыентавання, з якім можна ўзяцца за рэальныя дасягненні. „Ніколі не прэтэндаваў я,—піша Цыалкоўскі,—на поўнае вырашэнне пытання. Спачатку няўхільна ідуць: мысль, фантазія, казка. За імі следам ідзе навуковы разлік. І ўжо ў канцы канцоў выкананне вянчае мысль. Мае разлікі аб касмічных падарожжах належаць да сярэдняй фазы творчасці. Больш чым хто-небудзь я разумею бяздонне, якое аддзяляе ідэю ад яе ажыццяўлення, бо ў працягу майго жыцця я не толькі мысліў і вылічаў, але і выконваў, працуючы таксама рукамі. Аднак нельга не быць ідэі: выкананню папярэднічае мысль, дакладнаму разліку—фантазія".

За падрыхтоўчыя доследы Цыалкоўскі лічыць магчымым ўзяцца зараз-жа, не адкладаючы іх на вяпэўны час; апісанню гэтакіх работ, якія расчышчаюць шлях для далейшых крокаў, прысвечаны яго кароткі нарыс „Космическая ракета. Опытная подготовка".

XVI. Штучны Месяц. Пазаземная станцыя.

Мы бярэмся зараз за разгляд смелага праекта, які непадрыхтаванаму чалавеку будзе здавацца, мабыць, вельмі фантастычным, але які з лагічнай неабходнасцю вынікае з сучасных зоркаплавальных планаў. Гутарка пойдзе не мала, не многа, аб стварэнні штучнага спадарожніка Зямлі, які з'явіўся-б станцыяй адпраўлення для далёкіх касмічных падарожжаў. Пабудова такой пазаземнай станцыі настолькі палягчае міжпланетавыя палёты, што развіццё зоркаплавання бадай ці здолее прайсці міма гэтага неабходнага этапа.

Сапраўды: мы бачылі, якія значныя колькасці гаручага павінна браць з сабой касмічная ракета, каб толькі адправіцца ў сусветную прастору. Запасы гэтыя становяцца велізарнымі, калі мы жадаем так забяспечыць зоркалёт, каб ён мог звярнуцца на Зямлю; аб велізарных запасах гаручага, якія неабходны для палёта з в ы с а д к а й на п л а н е ц е, мы ўжо не гаворым. Але гэта—пры ўмове, што адлёт адбудзецца непасрэдна з земнай паверхні. Справа істотна мяняецца, калі зоркалёт адпраўляецца ў касмічны рэйс не з Зямлі, а з пазаземнай станцыі, з спадарожніка, які свабодна верціцца вакол Зямлі хоць на нязначнай адлегласці (зразумела за межамі атмасферы).

Возьмем прыватны прыклад. Мы жадаем адправіць нафтавую ракету у рэкагнасцыравальны палёт да арбіты Месяца і назад. Для гэтага патрэбна будзе—пры адпраўленні н е п а с р э д н а з З я м л і: пачатковая скорасць каля 11 кіламетраў за секуду і запас гаручага (нафты і вадкага кіслароду) прыкладна ў 120 разоў цяжэй за ненабітую ракету. Цяпер уявім, што адпраўленне адбываецца не з Зямлі, а з штучнага спадарожніка яе, які круціцца на адлегласці 40000 *км*

ад земнага цэнтра. Тады для такога палёта лічбы атрымліваюцца зусім іншыя [1]): пачатковая скорасць (адосна станцыі) усяго 1 кіламетр, і запас гаручага, які складзе менш за палавіну вагі нелабітай ракеты. Розніца велізарная. Калі мы не можам—і наўрад ці калі-небудзь здолеем—пабудаваць зоркалёт, які быў-бы ў сотні разоў лягчэй за свой гаручы груз, дык напэўна можам пабудаваць такі, які ўдвая цяжэй за гэты груз. Для іншых міжпланетавых рэйсаў атрымліваюцца падобныя суадносіны.

Адсюль ясны тыя перспектывы, якія адкрываюцца для зоркаплавання з стварэннем пазаземнай станцыі. Ідэя гэта ўпершыню выказана была К. Э. Цыалкоўскім і настойліва падтрымліваецца цяпер германскімі тэарэтыкамі зоркаплавання (Оберт, Пірке). Штучны месяц будзе складацца, зразумела, не з горных парод, як натуральныя нябесныя целы; гэта будзе—падобна да ўсіх стварэнняў сучаснай тэхнікі—металічная канструкцыя. Яна складаецца з частак ракет, якія паслядоўна пушчаны ў кругавы палёт вакол зямлі і сабраны ў адно цэлае. Нам вядома ўжо, што падобны кругавы палёт не павінен пастаянна падтрымлівацца расходам гаручага: штучны месяц будзе кружыцца як натуральны—паводле законаў Кеплера і Н'ютона.

Умовы жыцця на гэтай зорнай базе—больш правільна, унутры яе—будуць зусім своасаблівы, нагадваючы сабою часткова рэжым падводнай лодкі. Аднак, у адрозніванне ад падводнага судна, тут можна будзе шырока карыстацца дармовай энергіяй сонечных прамянёў (скрозь шкляныя і кварцавыя вокны). Зусім ажыццявіма пры падобных умовах вырошчванне раслін, якія будуць папаўняць сваёй дзейнасцю страту кіслароду ад дыхання людзей і наогул створаць у мініятуры той кругазварот матэрыі і энэргіі, які мы назіраем у земнай прыродзе. Поўнае адсутнічанне цяжару накладзе на гэты маленькі свет, незвычайны, сапраўды феерычны адбітак (гл. далей, раздзел XIX).

Абстаноўку жыцця ў падобным міжпланетавым вагзале К. Э. Цыалкоўскі малюе наступнымі рысамі: „Патрэбны (на станцыі) асобныя памяшканні—бяспечныя, светлыя, з пажаданай тэмпературай, з кіслародам, які аднаўляецца, з пастаянным прыцёкам харчу, з належнымі прыстасаваннямі для жыцця і работы. Гэтыя жыллёвыя памяшканні і ўсе прыналежнасці для іх павінны дастаўляцца ракетамі з Зямлі ў кампактным выглядзе, разнімацца і збірацца ў прасторы, пасля прыбыцця на месца. Памяшканне павінна быць непранікальнае для газаў і даступнае для прамянёў святла. Яго матэрыялы: нікелевая сталь, простае і кварцавае шкло... Памяшканні напоўнены кіслародам шчыльнасці 0,2 атмасферы, невялікай колькасцю вуглякіслага газу, азоту і вадзяной пары. Тут-жа знаходзіцца крыху пладароднай і вільготнай глебы. Асветленая сонцам пасля засеву, яна можа даваць багатыя пажыўнымі матэрыямі караньплоды і іншыя расліны“...

---

[1]) Разлікі даны у Дадатках, стар. 129.

„Работы ўсякага роду тут больш зручна выконваць, чым на Зямлі. Па-першае, таму, што пабудовы могуць быць неабмежавана вялікімі пры самым слабым матэрыяле—(цяжар іх не разбурыць, бо яго тут няма. Па-другое, чалавек тут можа працаваць пры ўсякім палажэнні, няма ні гары, ні нізу, зваліцца нікуды нельга. Перамяшчаюцца ўсе рэчы пры самым маленькім намаганні, незалежна ад іх масы і размеру. Транспарт літаральна нічога не каштуе...“.

Існуе ўжо канструктыўны эскіз падобнай пазаземнай станцыі, якая распланавана на 3 корпусы: устаноўку з сонечным рухавіком, рабочую майстэрню і жыллёвае памяшканне (якое забяспечана, дзякуючы вярчэнню, штучным цяжарам). Праект гэты распрацаваны ў нямецкай кнізе Ноордунга „Праблема пералётаў у сусветнай прасторы (Берлін 1929).

Абмяжуемся гэтымі заўвагамі і пяройдзем да астранамічных элементаў штучнага спадарожніка. Ён будзе абыходзіць вакол земнага шара ў некаторы прамежак часу, які вызначаецца адлеглацсю гэтага спадарожніка ад цэнтра Зямлі (3-ці закон Кеплера). Калі пазаземная станцыя будзе пабудавана на адлегласці аднаго земнага папярочніка ад паверхні Зямлі, дык пэрыяд звароту складзе ўсяго $7^1/_2$ гадзіны; станцыя будзе выпярэджваць Зямлю ў яе суткавым руху, усходзіць на захадзе і заходзіць на ўсходзе. Можна пабудаваць станцыю і на такой адлегласці, каб яна абыходзіла Зямлю роўна за 24 гадзіны. Гэта ажыццявіцца пры адлегласці ў 6,66 земнага радыуса ад цэнтра зямлі (каля 35000 *км* ад земнай паверхні). Такі штучны месяц будзе вечна стаяць у зеніце аднаго пэўнага месца земнага экватара—вялікая зручнасць для міжпланетавага вагзала. Станцыя будзе знаходзіцца нібы на вяршыні нябачнай і неабмацальнай гары ў 35000 *км* вышыні. З рэальнай вяршыні гэтай нябачнай гары і будуць адпраўляцца ў міжпланетавае падарожжа зоркалёты далёкага прызначэння, аднавіўшы тут запасы свайго гаручага, якое зрасходвана на шляху з Зямлі.

Адпраўленне, як мы ўжо гаварылі, будзе лёгка. Разарваць ланцуг земнага цягацення на такой вышыні ў 6,66,^{2}, г. зн. у 44 разы лягчэй, чым на земнай паверхні. Апроч таго, сама станцыя ўладае ўжо кругавой секунднай скорасцю ў 3,1 *км* і каб ператварыць круг у парабалу, спатрэбіцца толькі параўнальна ўмеркаваная дадатковая скорасць у 1,3 *км*. Выгады ўзрастаюць, калі станцыя пабудавана на яшчэ меншай адлегласці магчыма бліжэй да земнай паверхні.

Аднак самая пабудова пазаземнай станцыі і дасягненне яе з Зямлі—прадставіць велізарныя цяжкасці, не гледзячы на яе блізкасць да Зямлі. Каб дасягнуць гэтакай адлегласці ад Зямлі і пачаць вечна кружыцца тут вакол земнага шара, ракета павінна быць адпраўлена са скорасцю $10^1/_2$ *км* за секунду. Адпаведныя адносіны масы набітай нафтавай ракеты да ненабітай раўняюцца 13,5. Адносіны гэтыя трэба павялічыць да 15, каб ракета магла дадатковым узрывам ператварыць свой шлях у кругавы, г. зн. увайсці ў склад

пазаземнай станцыі. З прычыны таго, што пры гэтым зварот ракеты на Зямлю, без перанабівання на станцыі, не патрэбны, дык паказаныя суадносіны—максімальныя. Мы бачым адсюль, што пабудова пазаземнай станцыі—справа хоць і цяжкая, але ўсё-ж лягчэй можа быць ажыццёўлена, чым непасрэднае адпраўленне зоркалёта ў міжпланетавы рэйс з адваротным зваротам. (Ракеты з усім неабходным для станцыі ўдасца з цягам часу, магчыма, адпраўляць і без пілота).

Вось чаму стварэнне пазаземнай станцыі з'явіцца няўхільным этапам у эвалюцыі зоркаплавання. Цэнтр праблемы пераносіцца сюды. Уся справа ў перамажэнні гэтага этапа. Калі такая задача будзе развязана, рэшта стане параўнальна лёгкай справай. Пазаземная база для міжпланетавых пералётаў—адна з галоўных тэхніка-астранамічных задач, якія стаяць перад дзеячамі зоркаплавання.

XVII. Доследы з новымі ракетамі.

Ад тэарэтычных разважанняў пяройдзем нарэшце да практыкі. Ці дасягнута што-небудзь фактычна ў абсягу ажыццяўлення смелых замыслаў тэарэтыкаў зоркаплавання? Так, дасягнута,—мала, праўда, але ўсё ж можна сказаць, што пачатковыя практычныя крокі на шляху да заваёвы сусветнай прасторы ўжо зроблены і прытым цалкам паспяхова.

Рыс. 29. Прафесар Роберт Гадард з мадэлаю адной з яго ракет.

Першыя эксперыментальныя работы адносіліся яшчэ да порахавых ракет, якія павінны былі служыць мэтам зоркаплавання. У 1919 г. прафесар фізікі Варчэстэрскага універсітэта (Каліфорнія) Роберт Гадард апублікаваў справаздачу аб сваіх даследваннях ракет. Работы яго адчыняюць сабою новы раздзел у гісторыі ракетнага лятання. Амерыканскі вучоны дамогся таго, што зробленыя ім ракеты скарысталі не 2 проц. энергіі пораху, як усе ранейшыя, а ў 32 разы больш—62 проц.

Дзякуючы мэтазгодна выбранай форме ракетнай дзюзы (выводныя трубы), сценкам якой Гадард надаў вугал разыходжання 8°, порахавыя газы, што выцякаюць з ракеты, мелі скорасць 2300—2430 *м* за секунду. Матэры-

ялам для двюзы служыла хроманікелевая сталь. Ракета набыла ўстойлівасць у палёце, дзякую чы верчальнай галоўцы, якая прыводзілася ў рух струменямі газаў, што выцякаюць з яе косых каналаў; галоўка ракеты адыгрывала ролю турка, які, як вядома, імкнецца захаваць няэменным пала жэнне восі свайговярчэння.

Рыс. 30. Прыстасаванне Гадарда для даследвання работы невялічкай порахавай ракеты.

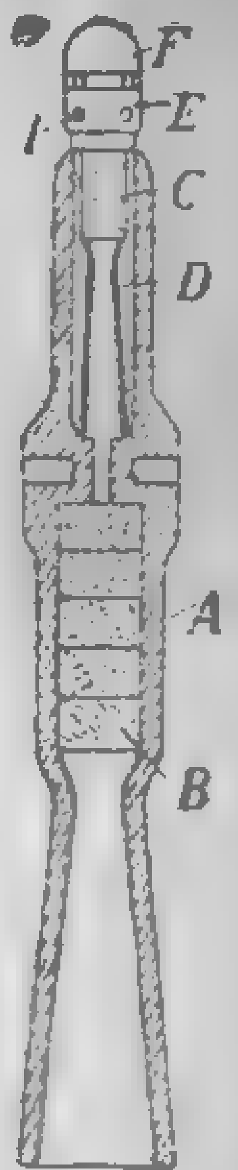
Трэцяе ўдасканаленне, якое ўведзена Гадардам у пабудову ракет, заключаецца ў ажыццяўленні ідэі ступянёвасці. Сутнасць яе ў тым, што ракета робіцца складанай з некалькіх асобных ракет; запальваюцца яны,—зразумела, аўтаматычна,—адна пасля адной, у меру расходвання зарада папярэдняй; адпрацаваныя ракеты аўтаматычна скідаюцца, каб не служыць мёртвым грузам.

Пра некаторыя рэзультаты сваіх даследчых работ прафесар Гадард расказаў у папулярнай нататцы, якая надрукавана ім у адным амерыканскім часопісе. Чытачу напэўна будзе цікава пазнаёміцца з ёй:

Чаму ракета ляціць у пустаце?

(„Popular Science Monthly“, 1924)

„Пры абмеркаванні проекта ракеты, якая прызначана для высокіх пад'ёмаў, шмат сумненняў выклікае магчымасць для ракеты рухацца ў амаль пустой прасторы: пярэчаць, што газам, якія выцякаюць у пустаце, „няма ад чаго адштурхнуцца“. Аднак, насуперакі распаўсюджанай думцы, узрыў у пустаце робіць на ракету большае дзеянне, як у паветры. А калі б паветра было значна шчыльней, дык узрыў не даваў-бы зусім ніякага эфекта. Сапраўды, адзінае, што прымушае ракету рухацца наперад,—гэта газы, якія выцякаюць з яе трубкі. Калі хлапчук, стоячы на ролікавых каньках, кіне які-небудзь груз назад, ён будзе сам адкінуты наперад; і чым больш шпарка кінуты груз, тым большы штуршок наперад будзе адчуваць асоба, што кідае. У пустаце газы з ракеты выцякаюць хутчэй, і таму ракета ў пустой прасторы павінна рухацца яшчэ больш шпарка, чым у паветры. Вядома, што пры ўзрыве патрона ў рэвальверы адбываецца аддача. У апараце, які паказаны на рыс. 33, разраджаецца халасты патрон



Рыс. 31. Адна зскладаных ракет Гадарда ў разрэзе. F—галаўная частка, якая верціцца дзякуючы выцяканню газаў з косых адтуліін I і E. C—зарад меншай ракеты, D—яе дзюза, A—вялікая ракета з зарадам B і дзюзай.

рэвальвера, які можа вярцецца вакол восі: пад каўпаком паветранае помпы можна пераканацца, што аддача адбываецца ў пустаце. Калі-ж патрон узрываецца ў прасторы, дзе паветра настолькі згушчана, што порахавыя газы выцякаць не могуць, рэвальвер не адчувае аддачы.

„Каб пацвердзіць гэта, я запальваў ракету так, што газы імкнуліся ў рэзервуар, дзе паветра разрэджана ў 1500 разоў. Ракета C абцяжарана свінцовай муфтай L і прычэплена да спружыны S.

Рыс. 32. Калі хлапчук на роліках кідае грузы назад, яго самога адносіць наперад.

Рыс. 33. Дослед Гадарда са стрэлам у пустаце.

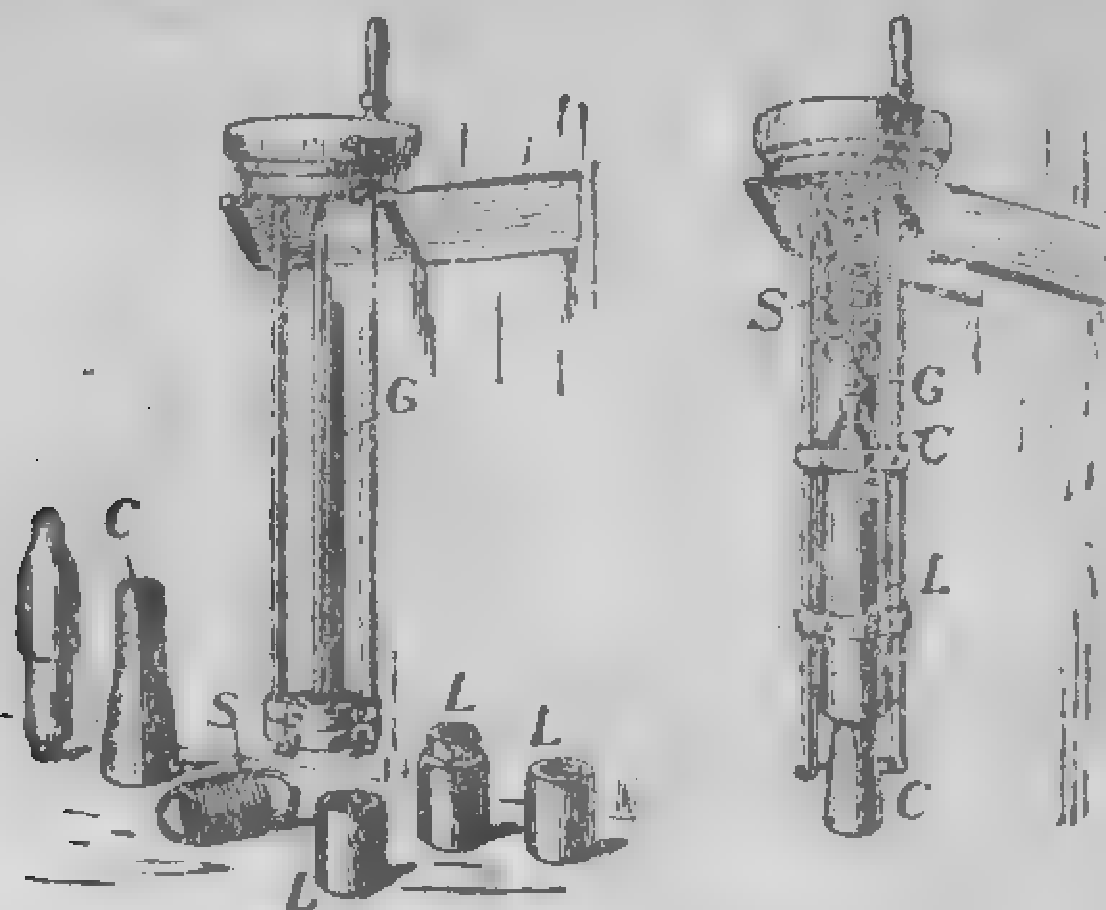
Пры ўзрыве пораху ў ракеце газы выцякаюць уніз, а сама ракета адкідваецца ўгару, адзначаючы велічыню падняцця рысай на закуранай шкляной пласцінцы G. Паводле велічыні падняцця ракеты можна вызначыць сілу, якая прыводзіць яе ў рух. Газы вырываюцца ў пустую кольцавую трубку.

„Рэзультаты 50 доследаў паказалі, што сіла, якая нясе ракету ў пустаце, на 20 проц. большая, чым у паветры звычайнай шчыльнасці“.

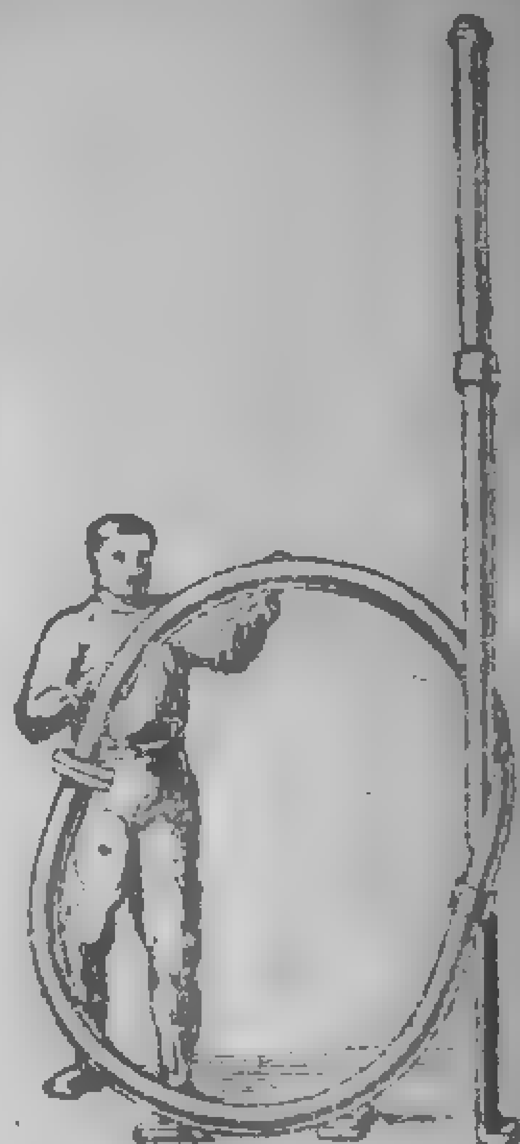
Апошняе цвярджэнне адкідае ўсе сумненні ў тым, што ракета можа рухацца ў пустаце,—сумненні, якія выказваюцца часамі нават людзьмі, нібы знаёмымі з прадметам. Каго не пераконваюць нават матэматычныя доказы, той павінен уступіць бясспрэчнаму сведчанню доследа. Пасля гэтых доследаў, якія дасціпна выкананы, не можа заставацца ніякіх сумненняў у тым, што газы ракеты здольны рухаць яе нават у зусім пустой прасторы.

Побач з эксперыментальнымі работамі Гадард распрацаваў і тэорыю ракетнага руху, незалежна ад папярэдніх даследванняў

Цыалкоўскага, з якімі амерыканскі вучоны не быў знаёмы. Ен ясна ўяўляў, якой магутнай прыладай для даследвання сусвета можа з цягам часу служыць ракета, і пісаў аб праекце пасылання ракеты на Месяц. Гэта дало повад у 1924 г. амерыканскаму друку паведаміць сенсацыйную вестку аб тым, што Гадард назначыў улетку таго года адпраўленне на Месяц першай ракеты. На маё тэлеграфнае запытанне па гэтаму поваду Гадард адказаў, што недахват сродкаў пазбаўляе яго магчымасці ажыццяўляць падобныя замыслы, якія далёка ідуць. Аднак шум, узняты друкам, меў і свой дадатны бок, бо прыцягнуў увагу шырокіх мас да праблем зоркаплавання.



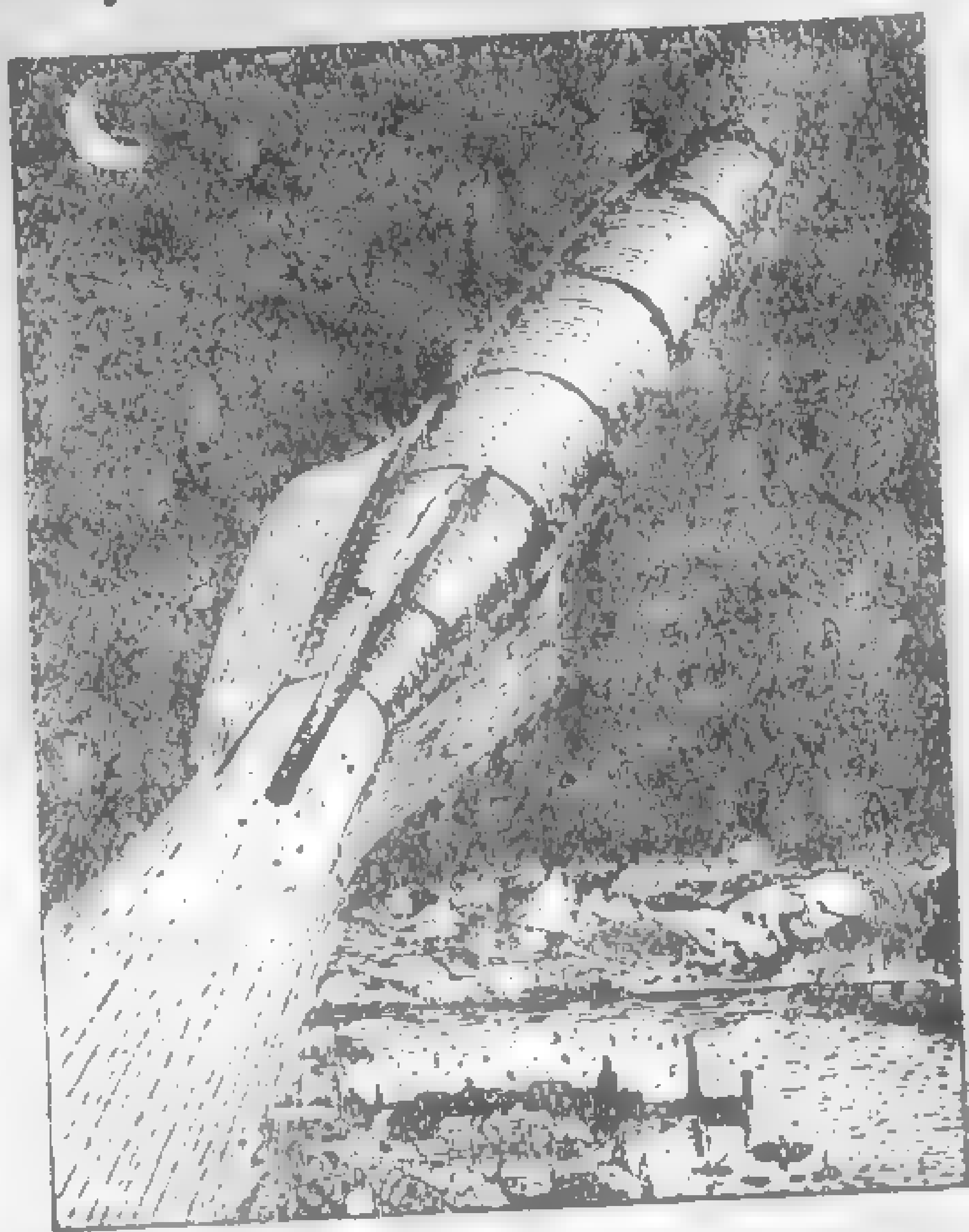
Рыс. 34. Апрабавальная ракета Гадарда ў разабраным і сабраным выглядзе.



Рыс. 35. Трубка, куды вырываліся газы ракет Гадарда пры доследах.

Работы Гадарда не спыніліся на гэтым этапе. Ён перайшоў да эксперыментавання над ракетамі з вадкім варадам і дасягнуў тут безумоўнага поспеху. У ліпені 1929 г. ім была пушчана—упяршыню ў гісторыі ракетнай справы—ракета, набітая вадкім гаручым. Яна мела ў даўжыню 2¾ *м*, а ў папярочніку—¾ *м*. Падпаленая ракета рынулася ў вышыню з такім аглушальным грукатам, што дала ўпэўненасць у катастрафічнай няўдачы доследа. Газеты—пры поўнай маўклівасці вынаходцы—паведамілі ўсяму свету, што ракета Гадарда ўзарвалася ў момант адлёта. Толькі праз некаторы час амерыканскі фізік знайшоў магчымым апавясціць, што апрабаванне ракеты адбылося цалкам паспяхова: механізм працаваў спраўна, гарэнне—не гледзячы на громападобны шум—прайшло нармальна, і парашут, які аўтаматычна аддзяліўся ад ракеты ў момант дасягнення ёю найбольшай вышыні, без усякіх перашкод даставіў на зямлю тыя прыборы, якія несла з сабою ракета (у іх ліку фотаапарат і барометр-самапісец). Але якая была пабудова яго ракеты і якая вышыня, што ёю дасягнута, ён не паведамляе. Далей ён гаворыць:

„Што тычыцца пытання аб тым, праз які час можа адбыцца паспяховая адсылка ракеты на Месяц, дык я лічу магчымым ажыццявіць гэта яшчэ для цяперашняга пакалення: зроблены мною ўдачны спробны ўздым ракеты на невялікую вышыню паказаў мне, як падобная (міжпланетавая) ракета павінна быць пабудавана для паспяховага двеяння. Вадкія вадарод і кіслярод, якія неабходны ў якасці гаручага для такой ракеты, могуць быць скарыстаны тым-жа шляхам, як гэта зроблена было мною ў гэтым доследзе. Я веру таксама ў ажыццявімасць акіянскіх пералётаў з вялізарнай скорасцю ў разрэджаным паветры вялікіх вышынь. Звычайныя самалёты не здольны выканаць падобны пералёт, бо авіяматор не можа працаваць у разрэджаным паветры. Ракета-ж ляціць у гэтакім асяроддзі яшчэ лепш, чым у больш шчыльным".



Рыс. 36. Паветраная ракетная тарпеда пры адлёце (фантастычны рысунак).

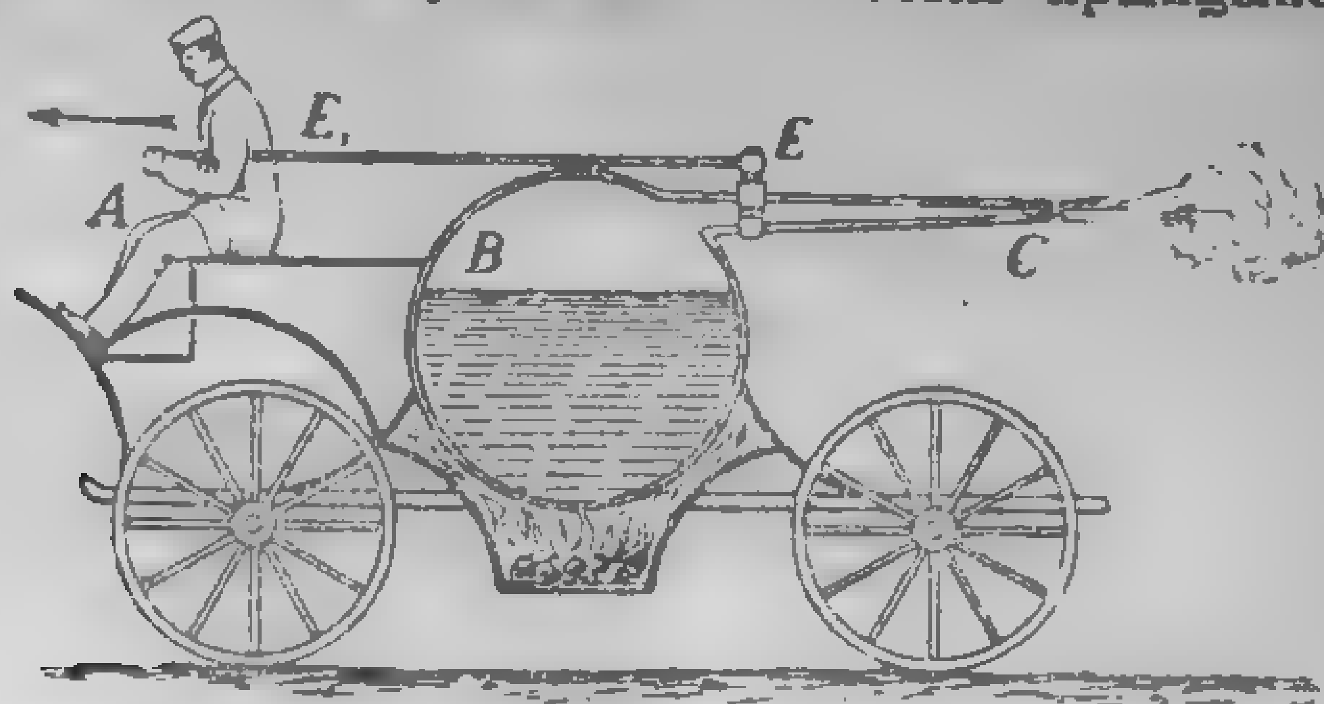
Недастатковасць звестак аб работах Гадарда тлумачыцца тым, што яны вядуцца часткова паводле заданняў вайсковага ведамства, з прычыны чаго рэзультаты іх трымаюцца ў сакрэце. Ракета высокага ўздыму безумоўна можа служыць страшнай вайсковай зброяй. Палкоўнік Ноордунг, аўтар нямецкай кнігі „Праблема пералётаў у сусветнай прасторы", піша адносна гэтага наступнае:

„Справа ідзе тут аб абстрэле буйных мішэняй, якімі з'яўляюцца непрыяцельскія галоўныя гарады, прамысловыя раёны і да т. п. Калі падумаць аб тым, што пры падобным абстрэле зарады ў некалькі тон могуць быць перанесены ракетамі зусім бяспечна праз вялізарныя адлегласці да мэт, якія знаходзяцца ў глыбокім тыле, што ніводзін вучастак тылу не можа быць захаваны ад падобнага бамбардавання, што супроць яе няма ніякіх сродкаў абароны—дык стане ясна, якой магутнай зброяй можа з'явіцца ракета [1]).

---

1) Цікава пазнаёміцца аднак з думкай аўтарытэтнага дзеяча германскага зоркаплавання проф. Оберта аб ракетных тарпедах: „Я не лічу магчымым такую зброю ажыццявіць. Дакладная механіка нашага часу не можа забяспечыць ракеце досыць аўтаматычнага кіравання. Будзе вялікім дасягненнем, калі пуск ракеты на 1—2 тысячы кіламетраў ажыццявіцца з трапнасцю пападання 10—20 кіламетраў".

У іншым кірунку праводзіліся ў 1928 і 1929 гг. доследы ў Заходняй Еўропе: аўтамабільны фабрыкант Фрыц Опель разам з інжынерам-піратэхнікам Зандэрам прыстасавалі ракету ў якасці рухавіка аўтамабіля. Пабудаваныя на гэтым прынцыпе (у пачатку



Рыс. 37. Паравая каламажка, якая сама рухаецца— праўобраз ракетнага аўтамабіля (праект, які прыпісваецца Н'ютону).

1928 г.) аўтамабілі маюць у задняй частцы батарэю з 1—2 тузінаў порахавых ракет з тоўстымі сценкамі, якія запальваюцца пасля доўна, па дзве; пры дапамозе электрычнага запалу. Адтуліны ракет звернуты ўсе назад, у выніку чаго пры іх узрыве аўтамабіль імчыцца ўперад. Апрабаванне аўтамабіляў гэтага тыпа паказала, што ракеты не толькі здольны рухаць экіпаж, але і надаюць яму вельмі значную скорасць да 220 *км* за гадзіну. Скорасць гэту канструктары спа-

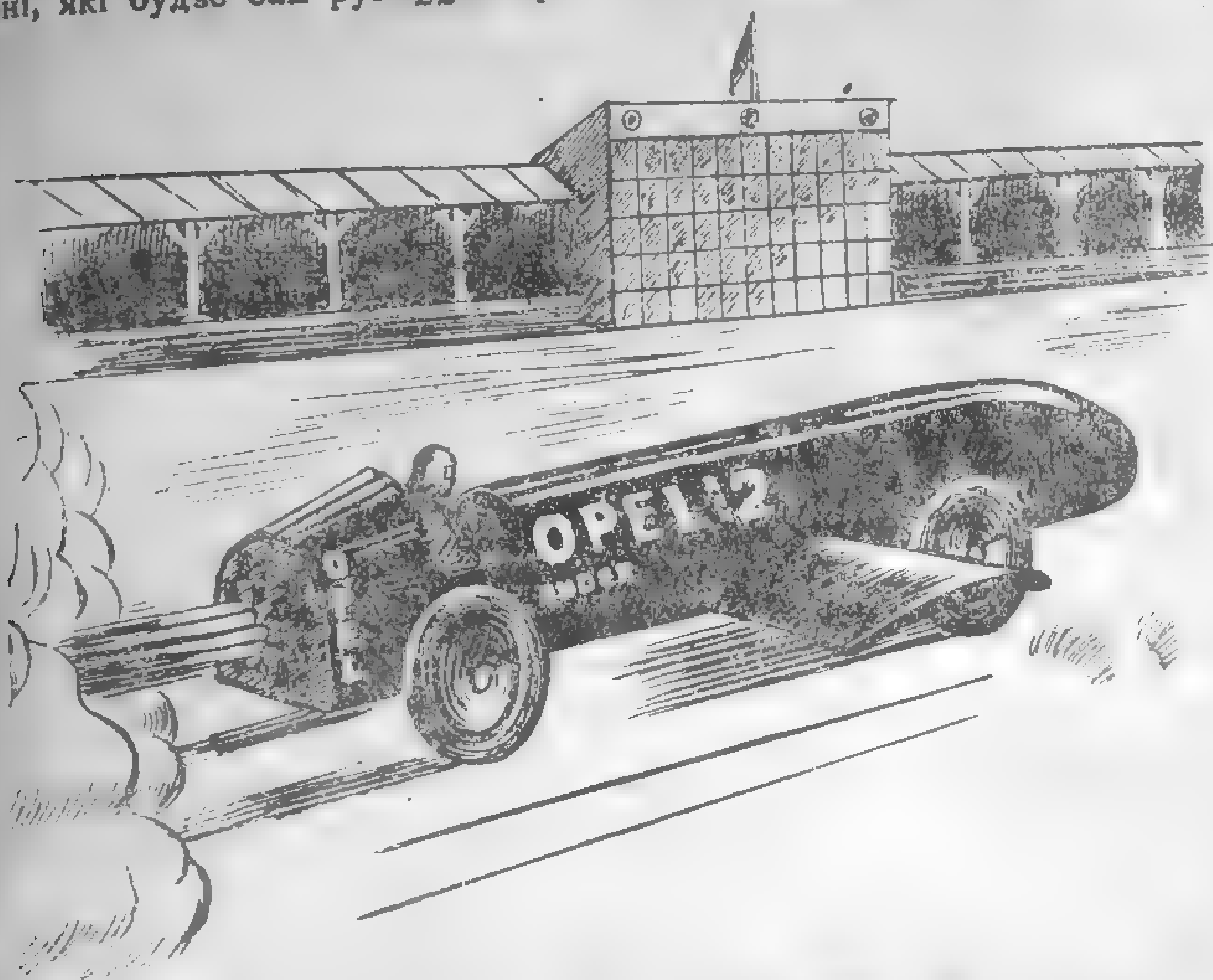
Рыс. 38. Ф. Опель (злева) і інжынер Ф. Зандэр (справа).

Рыс. 39. Ракетны матор аўтамабіля. Опель правярае яго спраўнасць.

дзяюцца давесці з цягам часу да 400 *км* і больш. Запас пораху ў ракетах—100 *кг*. Праз 8 секунд ад пачатку ўзрыва аўтамабіль ужо

імчаўся са скорасцю 100 *км* за гадзіну. Дослед з ракетнай дрэзінай (на рэйках) паказаў скорасць 254 *км* за гадзіну, а з ракетнымі санямі (1929 г.) да 400 *км*.

Вялікай памылкай, аднак, было-б лічыць, што ў ракетным аўтамабілі або дрэзіне мы маем правобраз сухапутнага экіпажа будучыні, які будзе сам рухацца. Пры тых скорасцях, якія могуць быць



Рыс. 40. Ракетны аўтамабіль пры старце. Бакавыя крыллі служаць для прыціскання корпуса да зямлі ціскам паветра.

дапушчаны ў сухапутным транспарце, ракетны рухавік нявыгадны— ён пераводзіць у карысную механічную работу вельмі мізэрную частку энергіі ўжытага гаручага (каля 5 проц.) Будаўнікі новага аўтамабіля добра гэта ўяўляюць. „Хоць мы ўжо зараз маглі-б перавысіць усе скорасці, што да гэтага часу дасягнуты,—сказаў Ф. Опель, у прамове, пры першым публічным выпрабаванні вынаходства,—фірма добра разумее, што ракетны агрэгат, абяцаючы для сухапутнага транспарта небывалыя дасягненні, якія да гэтага часу лічыліся немагчымымі, уяўляе ў сучасным выглядзе толькі пераходную ступень да ракетнага аэраплана, а потым да касмічнага карабля. Мы ўжо цяпер можам адаслаць непасажырскую ракету ў вышэйшыя слаі атмасферы і пераконаны, што ў блізкім будучым нам удасца пранікнуць і ў пустыню сусветнай прасторы“.

Гэтыя словы выражаюць правільны погляд на справу. Ракетны аўтамабіль—занадта дарагое вынаходства. Будучыня ракеты не на

зямлі, а ў паветры і вне яе, за межамі атмасферы, у свеце касмічных скорасцяй.

Іншая справа—ракетны аэраплан, які можа залятаць у разраджаныя слаі стратасферы і тут перасоўвацца амаль з касмічнай скорасцю. Першыя крокі ў справе стварэння „стратаплана“ ужо зроблены. Дзень 11 чэрвеня 1928 г. будзе ў гісторыі зоркаплавання мець, мабыць, такое-ж значэнне, якое меў дзень 17 снежня 1903 г. у гісторыі авіяцыі (першы ўздым братоў Райт). У гэты дзень у Германіі, на сродкі Рэн-Расітэнскага лётна-даследчага таварыства зроблен быў першы паспяховы дослед уздыма пілота на аэраплане з ракетным рухавіком. Аэраплан заставаўся ў паветры 80 секунд, праляцеўшы з паваротамі 1300 *м*. Лётнік Штамер, які рабіў гэты пад'ём, лічыць, што „палёт з ракетным рухавіком аказваецца выключна прыемным. Вібрацыі матора, штуршкі тут адсутнічаюць, і адчуваеш сябе так, нібы плануеш“.

Рыс. 41. Прафесар Герман Оберт, выдатны тэарэтык зоркаплавання.

Першы пад'ём на аэраплане (Райтаў) цягнуўся 60 секунд,—але з гэтага мінутнага ўзлёта вырасла праз 25 год уся авіяцыі, якая заваявала земную атмасферу. Ці не знаходзімся мы цяпер пры зараджэнні іншай урачыстасці чалавечага генія, перамогі над беспаветранай стыхіяй пазаземных прастораў?

Зусім незалежна ад гэтых доследаў, у Германіі вядуцца актыўныя эксперыментальныя работы па стварэнні ракеты з вадкім гаручым. Тут перш за ўсё трэба адзначыць дзейнасць нямецкага „саюза зоркаплавання“ у Берліне, які налічвае звыш тысячы членаў з буйнымі тэарэтыкамі на чале (прафесар Г. Оберт, інжынер В. Гоман, вайсковы інжынер Г. Ноордунг, інжынер Вінклер і інш.).

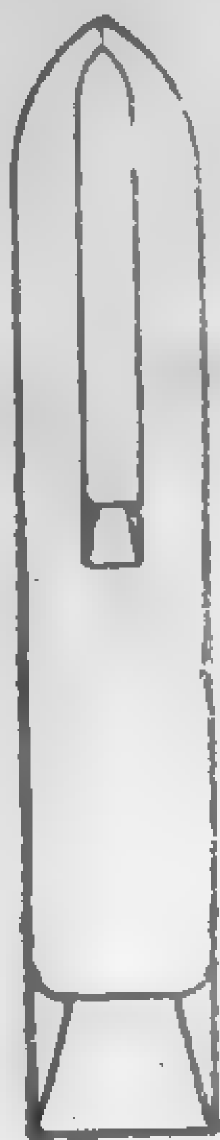
Саюзам зоркаплавання каля Берліна пабудован абшырны ўчастак для выпрабавання ракет. Гэты першы ў свеце „ракетадром“ кіруецца інжынерам Небелем, бліжэйшым памочнікам вядомага дзеяча зоркаплавання прафесара Оберта, які цяпер відавочна адыйшоў ад пытання грамадзянскага зоркаплавання.

Пабудаваная Обертам ракета з вадкім зарадам дабудавана інжынерам Небелем і зроблена з надзвычай лёгкага, але вельмі трывалага сплава, электрона. Гаручым служыць бензін з вадкім кіслародам. Запальванне робіцца з вялікай адлегласці электрычным запалам, каб па магчымасці забяспечыць абслугоўваючы персанал ад вынікаў узрыва.

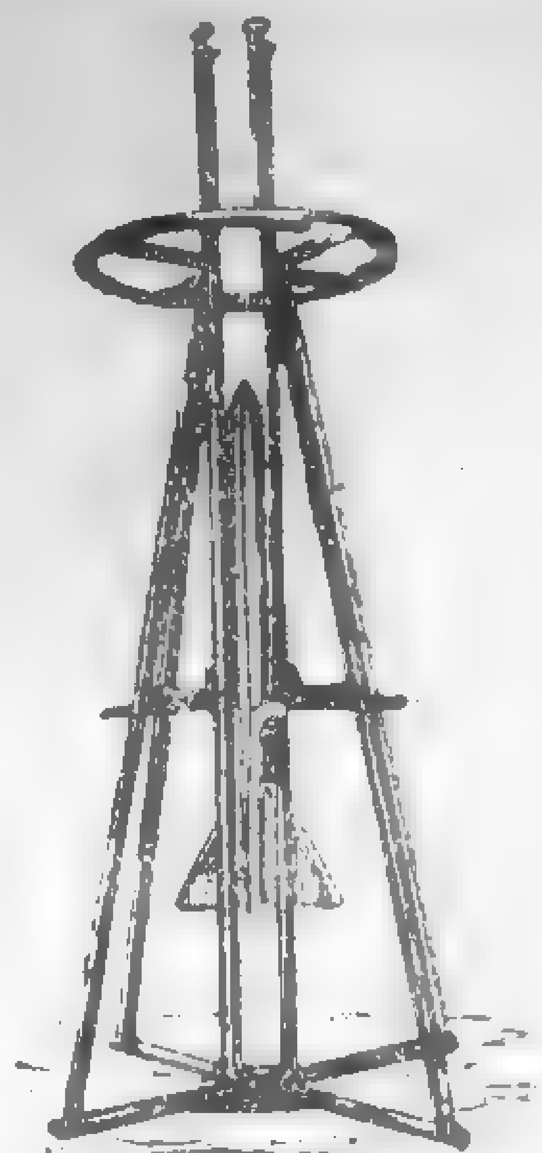
У працягу 1931 г. на берлінскім ракетадроме праведзена было з гэтай ракетай 270 доследаў гарэння ў нерухомым стане, і 87 разоў ракета пускалася ўгару, дасягаючы вышыні некалькіх тысяч метраў. Тып ракеты, як мы ўжо адзначалі раней, — $\frac{0,16}{32}$.

Цікава, якой скорасці дасягаў у гэтых доследах струмень выцякаючых газаў—прадуктаў гарэння. Велічыня яе вызначае канчатковую скорасць, якую набывае сама ракета ў канцы гарэння. Небель дабіўся 2200 *м* за секунду. Ён спадзяецца ўдасканаленнем формы выводнай трубы дасягнуць яшчэ большай скорасці і лічыць цалкам ажыццявімым не толькі дасягненне самых крайніх слаёў атмасферы, але і вылятанне ў сусветную прастору і нават міжпланетавае падарожжа.

Небель распрацоўвае таксама ідэю ўстанаўлення паштовай сувязі з Амерыкай пры дапамозе ракет, якія пераносяцца цераз акіян за паўгадзіны. Пры вазе паштовай ракеты у 5 *т*, такая дастаўка лістоў праз акіян будзе каштаваць, згодна разліку Небеля, не больш некалькіх капеек, г. зн. танней не толькі за тэлеграму, але за звычайныя лісты. Можна будзе дастаўляць ракетную пошту і з Берліна ў Маскву—за 11 мінут, у Лондан — за 6 мінут, у Вену—4½ мінуты.



Рыс. 42. Схема састаўной ракеты Оберта.



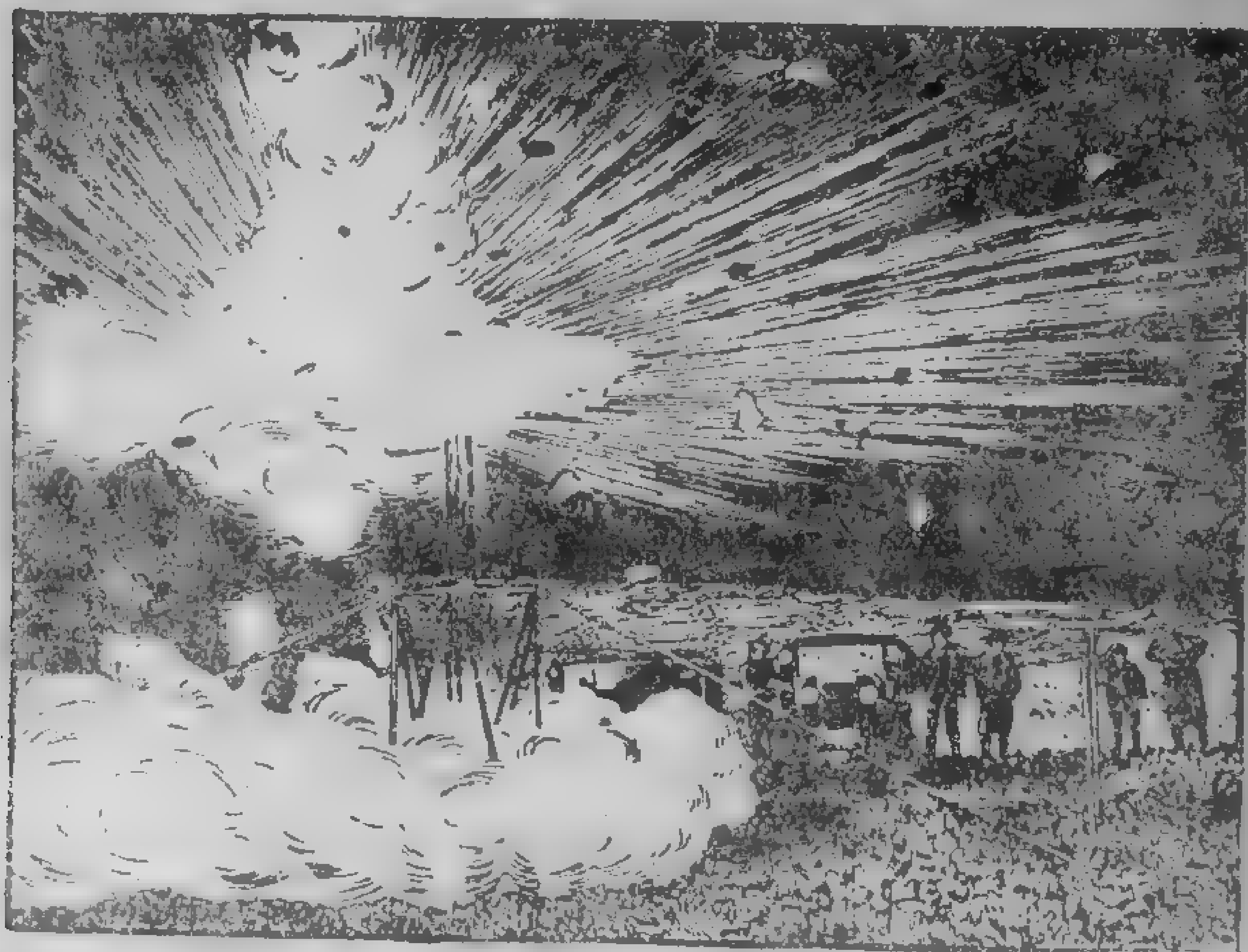
Рыс. 43. Стартовае прыстасаванне германскага таварыства зоркаплавання.

Пры падтрыманні вядомай авіяцыйнай фірмы Юнкерс працуе ў тым-жа кірунку малады нямецкі інжынер І. Вінклер, рэдактар часопіса „Ракета“. У сакавіку 1931 г. спамянёнай фірмай (у Дэсау) выкананы былі ўдалыя доследы з невялікай мадэллю, якая працавала на вадкім гаручым (састаў не апублікаваны) і звадкаваным кіслародзе. Апрабаванне паказала, што вадкі кіслард аўтаматычна трапляў у камеру згарання, куды следам затым уганялася порцыя гаручага, і сумесь запальвалася электрычнай іскрай. Ракета з моцным свістам узнімалася ўгару Вінклер мае на ўвазе пабудаваць спачатку ракету з вадкім зарадам, якая прызначана для даследвання стратасферы на вышыні 30 *км*. Другім этапам будзе перакідка ракеты ў дакладна разлічаны пункт земнай паверхні.

Рыс. 44. Макс Валье, які загінуў пры выпрабаванні яго ракеты з вадкім гаручым.

Нямецкі інжынер піратэхнік Зандэр, які ўжо спамінаўся не раз, вядомы будаўнік

поравых ракет, высунуўся апошнімі гадамі і ў галіне канструявання ракет з вадкім зарадам. У красавіку 1929 года ім была пушчана падобная ракета даўжынёю 75 *см*: ракета ўзляцела з такой імклівасцю, што не было магчымасці за ёю прасачыць. Яна не была знойдзена і пасля падзення. Тое-ж самае паўтарылася і з другою ракетаю падобнага ўзора, не гледзячы на ўжытыя перасцярогі. У сучасны момант Зандэр заняты прыстасаваннем вынайдзеных ім ракет замест авіяматора для самалёта. Асаблівай заслугай



Рыс. 45. Узрыў ракеты пражскага вынаходцы Л. Оцэназека.

Зандэра трэба лічыць тое, што ў якасці крыніцы кісларода ён карыстаецца ў сваіх ракетах танным прадуктам адкіду хімічнай прамысловасці; дзякуючы гэтаму кілаграм яго гаручай сумесі абыходзіцца ўсяго ў 20 пфенігаў.

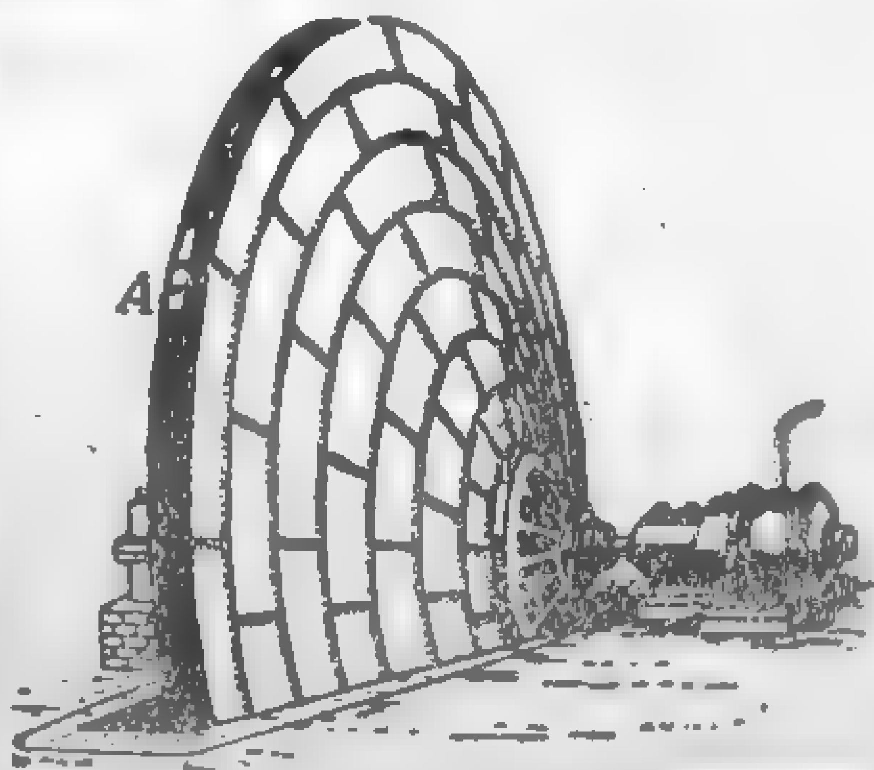
Над канструяваннем ракеты з вадкім зарадам працаваў у Германіі і Макс Валье. Але яго доследы закончыліся катастрофай: 18 мая 1929 г. гэты адважны і таленавіты чалавек загінуў пры ўзрыве пабудаванай ім ракеты. Гэта—першая чалавечая ахвяра, якую панесла зоркаплаванне. Узрыў ракеты чэшскага вынаходцы Людвіга Оцэназеля (1929 г.) прайшоў, на шчасце, без чалавечых ахвяр.

Тэхнічныя падрабязнасці пабудовы ракет новага тыпа трымаюцца на Захадзе ў сакрэце. Пра некаторыя дэталі знарок паведамляюцца памылковыя звесткі, каб накіраваць іншых вынаходцаў на няправільны шлях. Пры такіх умовах нам у СССР, каб не адстаць ад

Захаду ў тэхніцы выраба буйных ракет, застаецца толькі адзін шлях: узяцца самастойна за пабудову ракет новага тыпа. На гэты шлях сталі ленінградскія работнікі ракетнай справы, якія аб'ядналіся ў „Групу даследвання рэактыўнага лятання“ („Ленгирд“)— асобную секцыю Бюро паветранай тэхнікі асоавіяхіма. У пачатку 1932 г. яны пачалі рабіць папярэднія разлікі паводле праекта збудавання ракеты даўжынёю 2 метры, на вадкім гаручым, якая прызначана для даследвання атмасферы на вышыню 50 *км*. Паралельна з гэтым маскоўскія работнікі ракетнага лятання, аб'яднаўшыеся ў „Мосгирд“, пачалі будаваць першы совецкі ракетаплан—самалёт з ракетным маторам.

XVIII. Два нязбытных праекты.

Мы маглі б і не разглядаць нязбытных праектаў міжпланетавых дырыжабляў. Але задача наша не толькі ў тым, каб пазнаёміць чытача з рэальна дасягнутым у гэтым абсягу: мы жадалі-б таксама рассеяць і некаторыя заблуджэнні, што сюды адносяцца. Не мае ніякага сэнсу пералічаць і разглядаць усе шматлікія „праекты“ міжпланетавых пералётаў, якія прыдуманы аўтарамі фантастычных твораў, таму што самі аўтары не надавалі сур'ёзнага значэння сваім часта зусім недарэчным вымыслам. У першых раздзелах нашай кнігі мы разгледзелі найбольш павучальныя, або знешне праўдападобныя ідэі падобнага рода: „Кеварыт“ Уэлза, гармату Жуля Верна, ціск светлавых прамянёў і некаторыя другія, адкідаючы ўсе іншыя як не заслугоўваючыя ніякай увагі, якія толькі засмечваюць поле абмеркавання.



Рыс. 46. Праект адсылкі міжпланетавага вагона (*A*) вярчэннем велізарнага кола.

Ёсць, аднак, яшчэ два праекты, якія карысна разглядзець, не зважаючы на іх безумоўную безгрунтоўнасць. Яны атрымалі ў нас некаторую вядомасць, бо неаднакроць апісваліся ў часопісах і здаюцца на першы погляд лёгкімі для ажыццяўлення. Нажаль часопісы не суправаджалі іх апісанне крытычным разглядам, і ў многіх чытачоў магло застацца пераканание, што мы маем тут дасканала прадуманую тэхнічную ідэю.

Абодва праекты выходзяць з Францыі. Першы з іх прапанаваны быў у 1913 г. двума французскімі інжынерамі Масам і Друэ (Mas i Drouet) і апісаны вядомым тэхнічным пісьменнікам Графіньі наступным чынам:

„Уявеце сабе кола велізарнага дыяметра, якое нясе на акружыне знарад, што павінен быць кінуты ў далячыню. Калі пры дастатковай скорасці вярчэння, раптам вызваліць знарад, ён паляціць па датычнай з той жа скорасцю, з якой рухаўся адпаведны пункт кола.

„Будова можа быць спрошчана: машына можа складацца з двух паралельных брусоў, якія замацаваны пасярэдзіне на восі. Супроцьлежныя канцы брускоў могуць быць забяспечаны з аднаго боку кідальным знарадам, з другога—супроцьвагой роўнай масы. Пры даўжыні брускоў у 100 *м*, кожны абарот дае шлях у 314 *м*, значыць, калі давесці скорасць вярчэння да 44 зваротаў за секунду, дык крайнія пункты будуць рухацца з секунднай скорасцю каля 14 *км*.

„Калі пажадаем развіць такую скорасць у працягу некалькіх мінут, спатрэбіцца рухавік магутнасцю ў мільён конскіх сіл. Гэта відавочна не можа быць выканана. Застаючыся ў межах існуючых тэхнічных норм, давядзецца дзейнічаць больш павольна і асігнаваць прыкладна сем гадзін, каб дамагчыся 44 абаротаў за секунду; тады хопіць рухавіка ў 12000 конскіх сіл.

„Кідальная машына, што дзейнічае так, як было растлумачана, павінна быць змешчана дзе-небудзь над шчылінай, напрыклад, між скаламі ў горах. Яна будзе прыводзіцца ў рух ад паравой турбіны; а ў патрэбны момант асобы электрычны апарат вызваліць замацованы на коле знарад, які і паляціць вертыкальна да зеніта".

Далейшы рух знарада (вага якога—для двухмесячнага падарожжа трох пасажыраў—будзе дасягаць 4 тон) мяркуецца паводле ракетнага прынцыпа.

„Карабель сусвета павінен быць забяспечаны ўнутраным рухавіком, які дазваляе павялічыць яго ўласную скорасць і кіраваць яго рухамі. Рухавік зусім не павінен быць вельмі сільным: апарат, які ізаляваны ў прасторы і вызвалены ад земнага прыцяжэння, перамяшчаецца з велізнай лёгкасцю. Можна ўжыць рухавік з „аддачай", якая аснована на прынцыпе ракеты: ён выкідае ў прастору масу газу, выхад якога прымусіць апарат адхіліцца. Каб атрымаць адхіленне ў намечаным кірунку, выцяканне газу можа быць утворана паводле жадання праз той ці іншы рад труб, якія адчыняюцца ў знарадзе надвор".

Чаму трэба лічыць гэты праект безгрунтоўным? Перш за ўсё, велізарныя цяжкасці ўзніклі-б пры пошуках матэрыяла, які мог-бы процістаяць велізарнай сіле нацяжэння, якая развіваецца пры такім вярчэнні. Паводле формул механікі лёгка вылічыць, што пры акружнай скорасці 14 *км* за секунду і радыусе вярчэння ў 50 *м* адцэнтравая сіла кожнага грама знарада павінна раўняцца

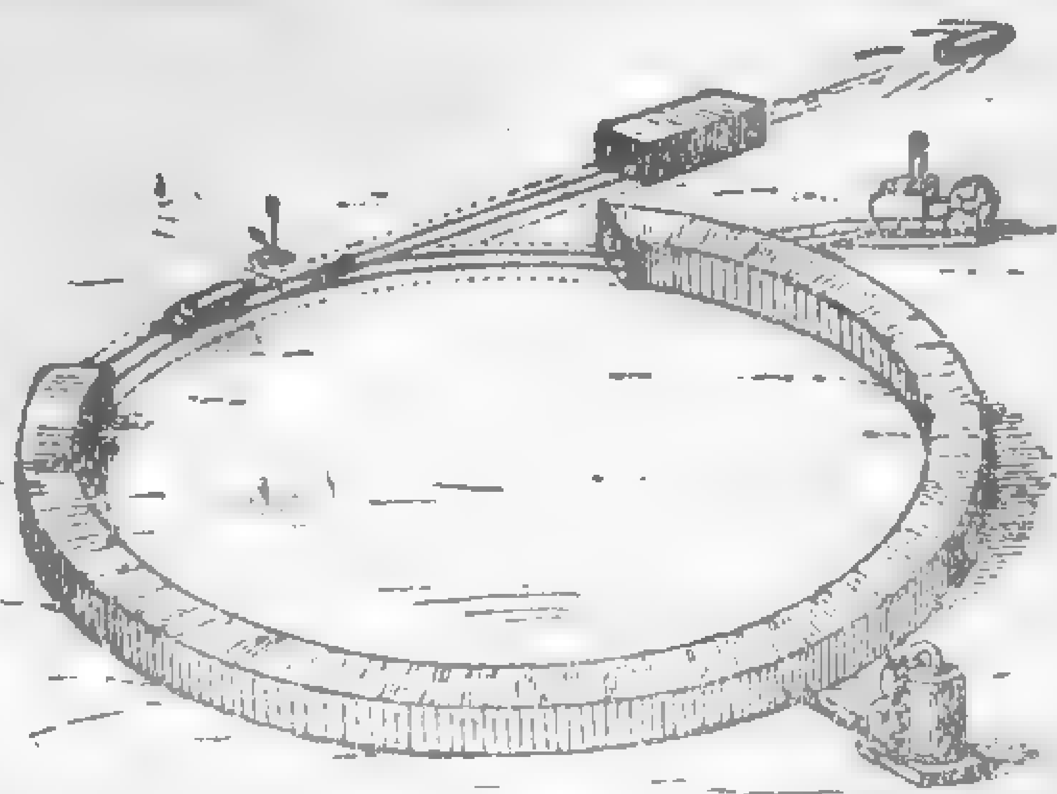
$$\frac{(1\,400\,000)^2}{980 \times 5000} = 40\,000 \text{ г} = 40 \text{ кг}.$$

Гэта азначае, што брусы будуць разцягвацца з сілаю, якая пераўышае вагу знарада ў 40 тысяч разоў. З прычыны таго, што знарад мяркуецца вагою 4 *т*, дык сіла нацяжэння брусоў вылічаецца

160 000 *т.* Успомнім, што ўся Эйфелева вежа важыць толькі 9000 *т*. Калі зрабіць брусы з лепшай сталі, дык каб яны маглі бяспечна вытрымаць такое нацяжэнне, ім трэба было-б даць пры квадратным сячэнні, таўшчыню ў 6 метраў—пры ўмове, што такі страшэнны брус сам не будзе мець ніякай вагі...

Зусім непераможна, апроч таго, другая перашкода—іменна тая, якая абумоўлена павялічэннем цяжару ўнутры знарада. Трэба памятаць, што і пасажыры знарада, якія кружацца ў гэтым коле, да моманту адпраўлення ў касмічны палёт зробяцца ў 40 тысяч разоў цяжэй і, зразумела, будуць расціснуты ўласнаю вагою. Адаслаць у палёт жывых пасажыраў пры дапамозе такога кола, відавочна немысліма.

Другі праект—належыць як відаць, Графіньі; ён здаецца на першы погляд больш прыгодным. Тут таксама скарыстоўваецца інерцыя кругавога руху, але невялікае кола заменена нерухомым, кольцавым рэйкавым шляхам, які пракладзены ўнутры кольцавага тунеля; папярочнік кругавога шляху—20 *км*. Па рэйках соўгаецца на добра змазаных палазох каламажка, якая нясе на сабе міжпланетавы знарад-вагон. Рух каламажкі абумоўлен асобым рухавіком, які змяшчаецца зне яе і перадае ёй сваю энергію па провадзе між рэйкамі. З прычыны таго, што рухавік працуе бесперапынна, дык каламажка павінна соўгацца прыскорана. Для памяншэння супраціўлення асяроддзя паветра ўнутры тунеля разрэджваецца помпамі. Ад кругавога тунеля адыходзіць, у кірунку датычнай, адгалінаванне з нахілам угару. Калі каламажка з знарадам, зрабіўшы дастатковы лік абаротаў па кругавым шляху, разбяжыцца да скорасці 12,5 *км* за секунду, яна аўтаматычна пераводзіцца на адгалінаванне, на якім і падпадае тармажэнню. Рух каламажкі затрымліваецца, але знарад, які ляжыць на ёй, саслізнецца па інерцыі з каламажкі і ляціць у атмасферу са скорасцю 12,5 *км* за секунду, якая пасля выхада з паветранай абалонкі ў сусветную прастору, паніжаецца да 10,9 *км*. Кіраванне знарадам у яго свабодным палёце мяркуецца ажыццяўляць пры дапамозе рэактыўнага рухавіка.



Рыс. 47. Кругавы крыты рэйкавы шлях для адлёту ў сусветную прастору. Зверху направа—паветраная помпа.

Мы заўважаем у гэтым праекце некаторыя рысы, якія набліжаюць яго да праекта К. Э. Цыалкоўскага. Аднак, у паданым тут выглядзе ідэя Графіньі нязбытная (калі нават лічыць магчымым ажыццявіць скорасць 12,5 *км* за секунду), бо яна не ўлічвае ўзрастання

штучнага цяжару ўнутры знарада да моманту яго адпраўлення ў міжпланетавы рэйс. Хоць цяжар у даным выпадку значна меншы, як у папярэднім праекце—у выніку павялічэння радыуса кругавога шляху,—але ўсё-ж ён досыць вялікі, каб зрабіць праект беэгрунтоўным. Сапраўды: разлічым велічыню адцэнтравай сілы для кожнага грама знарада. Яна раўняецца:

$$\frac{(1\,250\,000)^2}{980 \times 2\,000\,000} = \text{каля } 800 \ г.$$

Мы бачым, што пасажыры да моманту адпраўлення ў касмічнае падарожжа зробяцца ў 800 раз цяжэй,—узрастанне вагі безумоўна смяротнае. Значыць, як бы паступова не нарастала скорасць знарада па акружыне, яго дацэнтравае паскарэнне няўхільна павінна перавысіць дапушчальную для жывой істоты норму.

Што-ж тычыцца ракетнага рухавіка, які кіруе знарадам у сусветнай прасторы, дык сама па сабе ідэя гэта, як мы ведаем, цалкам мэтазгодна. Аднак у разгледжаных праектах яна зусім не распрацована і прапанавана так наіўна, што не можа ў такім выглядзе разглядацца, як сур'ёзная тэхнічная мысль.

Аўтары праектаў відавочна не даюць сабе справаздачы аб умовах ужывання рэактыўнага прынцыпа.

Выходзіць, абодва французскія праекты, якія тут паказаны, трэба аднесці да разрада зусім непрыгодных для ажыццяўлення.

XIX. Жыццё на караблі сусвета.

З зайздрасцю думае сучасны астраном аб сакрэтах светабудовы, якія ўбачыць з шкляных акон свайго міжпланетавага карабля будучы марак сусвета. Тое, што няясна малюе нам слабы прамень святла, які ледзь ловіцца тэлескопам, у поўнай яснасці адчыніцца вачам касмічнага падарожніка. І хто ўгадае наперад, як цудоўна расшырыцца тады нашы веды аб свеце светаў, якія новыя таямніцы дастане чалавечы розум з глыбінь сусвета!

Незвычайнае і новае чакае будучага нябеснага вандраўніка не толькі за сценамі яго карабля. Унутры зоркалёта ён таксама здолее наглядаць цэлы рад незвычайных з'яў, якія ў першыя дні падарожжа будуць, бадай, прыцягваць яго ўвагу і здзіўляць розум не менш, чым велічная панарама, якая адчыніцца за вокнамі каюты.

Наўрад ці хто-небудзь нават у сне перажываў адчуванні падобныя тым, якія належыць пазнаць будучаму касмічнаму вандроўніку ўнутры зоркалёта. Гэта нешта сапраўды феерычнае. У кароткіх словах гутарка ідзе аб тым, што ўнутры зоркалёта няма цяжару: усе прадметы цалкам губляюць у ім сваю вагу. Закон цягацення нібы касуецца ў гэтым маленькім свеце. Досыць нямногіх меркаванняў, каб пераканацца ў бясспрэчнасці гэтага вывада, хоць і цяжка прывыкнуць да мыслі, што ўнутры нябеснага карабля не выяўляецца

ніводнага з тых праяў сілы цяжару, да якіх мы так прызвычаіліся на Зямлі.

Дапусцім спачатку, дзеля прастаты, што зоркалёт (або гарматнае ядро Жуля Верна) свабодна падае ў сусветнай прасторы. Сіла знешняга цегацення павінна двейнічаць аднолькава, як на самы знарад, гэтак і на прадметы ўнутры яго: таму яна павінна надаваць ім роўныя перамяшчэнні (бо ўсе целы, цяжкія і лёгкія, падаюць з аднолькавай скорасцю). Значыць, усе прадметы ўнутры зоркалёта будуць заставацца ў спакоі ў адносінах да сценак. Хіба можа цела „зваліцца“ на падлогу каюты, калі падлога гэта таксама „падае“ з дакладна такой-жа скорасцю?

Наогул, усякае цела, што падае, не мае вагі. Яшчэ Галілей у сваёй несмяротнай „Гутарцы аб двух новых навуках“ пісаў аб гэтым у наступных маляўнічых вывадах:

„Мы адчуваем груз на нашых плячах, калі стараемся перашкаджаць яго паданню. Але калі мы станем рухацца ўніз з гэтакай-жа скорасцю, як і груз, што ляжыць на нашай спіне, дык як-жа можа ён ціснуць і абцяжваць нас? Гэта падобна таму, як калі-б мы захацелі паразіць кап'ём каго-небудзь, хто бяжыць наперадзе ў нас з такой-жа скорасцю, з якой рухаемся і мы“.

Пры ўсёй сваёй прастаце, думка гэта настолькі непрывычная, настолькі неспадзяваная, што будучы нават зразумелай, без ахвоты прымаецца свядомасцю. Спынімся-ж на ёй крыху далей. Перанясецеся ў думках, напрыклад, у вярэдзіну Жуль Вернава ядра, якое свабодна падае ў сусветнай прасторы. Вы стаіце на падлозе каюты і ўпусцілі з рук аловак. Натуральна, вы чакаеце, што ён упадзе на падлогу. Гэтак лічыў і Жуль Верн, які не прапрацаваў да канца сваёй уласнай ідэі, але не тое здарыцца ў сапраўднасці: аловак будзе вісець у паветры, ані не набліжаючыся да падлогі. У адносінах да Зямлі,ён зразумела,будзе перамяшчацца пад дзеяннем прыцяжэння,— але такое-ж самае перамяшчэнне пад дзеяннем цяжару атрымае і само ядро. Калі, напрыклад, земнае прыцяжэнне ў працягу секунды наблізіць аловак да Зямлі на адзін метр, дык і ядро наблізіцца на адзін метр: адлегласць між алоўкам і падлогай каюты не зменіцца, а значыць, паданне прадметаў унутры каюты не заўважыцца.

Гэтак будзе не толькі ўнутры зоркалёта, які п а д а е, але і пры ўздыме яго ў г а р у і наогул пры ўсякім свабодным руху яго па інерцыі ў кожным кірунку ў полі цегацення. Ядро, якое ляціць угару, па сутнасці таксама падае: скорасць яго ўзлёта ўвесь час памяншаецца пад дзеяннем земнага прыцяжэння на пэўную велічыню,—імення на тую, на якую паменшылася скорасць ядра за той-жа прамежак часу, калі-б яму не быў наданы рух угару. Тое-ж самае павінна адбывацца, зразумела, і з усімі прадметамі ўнутры знарада. Вы помніце, як у рамане „Вакол Месяца“ труп сабакі, выкінуты пасажырамі з акна, працягваў у сусветнай прасторы ляцець за ядром, а зусім не пачаў падаць на Зямлю. „Гэты прадмет,—заўважае раманіст,—здаваўся нерухомым як і ядро, і значыць, сам ляцеў угару з такой-жа скорасцю“. Але калі прадмет здаваўся не-

рухомым зне ядра,—дык чаму не павінен ён здавацца такім-жа і ўнутры яго? Дзіўна, як блізка можна падыйсці да ісціны і, не заўважыўшы яе, прайсці міма...

Цяпер, здаецца, досыць ясна, што ўнутры міжпланетавага карабля не можа наглядацца паданне цел. Але калі прадметы ў каюце зоркалёта не могуць падаць, дык не могуць яны і рабіць ціску на свае апоры. Карацей кажучы, у міжпланетавым караблі ўсе прадметы становяцца абсалютна невагомымі.

Строга кажучы, у гэтым цікавым факце не павінна-б быць для нас нічога неспадзяванага або новага. Мы-ж зусім не здзіўляемся, напрыклад, таму, што на Месяцы рэчы маюць цегаценне не да Зямлі, а да цэнтра Месяца. Чаму-ж павінны прадметы ўнутры зоркалёта падаць да Зямлі? З таго моманту, як „Ракета“, спыніўшы ўзрыванне, змяняе свой шлях выключна толькі пад дзеяннем прыцяжэння Зямлі, або іншых сусветных цел,—яна ператвараецца ўжо ў мініятурную планету, у самастойны свет, які мае сваё ўласнае хоць і мізэрнае напружанне цяжару. Унутры знарада магло-б праяўляцца хіба толькі ўзаемнае прыцяжэнне прадметаў і прыцягальнае дзеянне сценак знарада. Але нам вядома ўжо, якое мізэрнае ўзаемнае прыцяжэнне дробных цел і якія павольныя, непрыкметныя рухі яно здольна выклікаць. А ўплыў прыцяжэння сценак знарада павінен быць яшчэ менш прыметны: у нябеснай механіцы даказваецца, што калі-б знарад быў строга шарападобны, дык прыцягальнае дзеянне гэтакай абалонкі раўнялася-б нулю, бо прыцяжэнне кожнага яе ўчастка ўраўнаважвалася-б адваротным дзеяннем дыяметральна супроцьлежнага ўчастка.

Паводле гэтай адзнакі—поўнай адсутнасці цяжару—будучыя пасажыры касмічнага карабля без памылкі здолеюць вызначыць, не пазіраючы ў акно, ці рухаюцца яны зне зямлі ці не. Для іх немысьлімы сумненні накшталт тых, якія, як сведчыць Жуль Верн, нібы бянтэжылі пасажыраў ядра ў першыя мінуты міжпланетавага палёта:

„— Ніколь, ці рухаемся мы?

„Ніколь і Ардан пераглянуліся: яны не адчувалі руху ядра.

„— Сапраўды, ці рухаемся мы?—паўтарыў Ардан.

„— Або спакойна ляжым на глебе Фларыды,—спытаў Ніколь.

„— Або на дне Мексіканскай затокі...—дадаў Мішэль“.

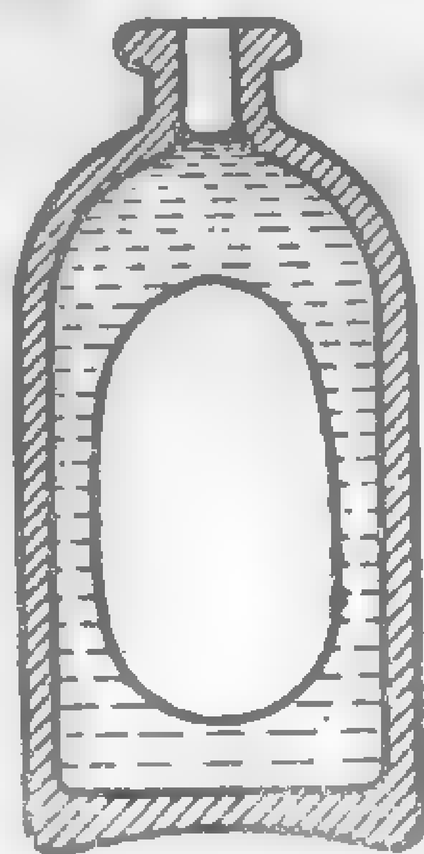
Падобныя сумненні зусім немагчымы для пасажыраў свабодна кінутага зоркалёта. Ім не давядзецца пазіраць у акно каюты, каб вырашыць, ці рухаюцца яны: непасрэднае адчуванне невагомасці адразу пакажа ім, што яны ўжо перасталі быць палоннікамі Зямлі і абярнуліся ў жыхароў новай, мініятурнай планеты, якая пазбаўлена цяжару[1]).

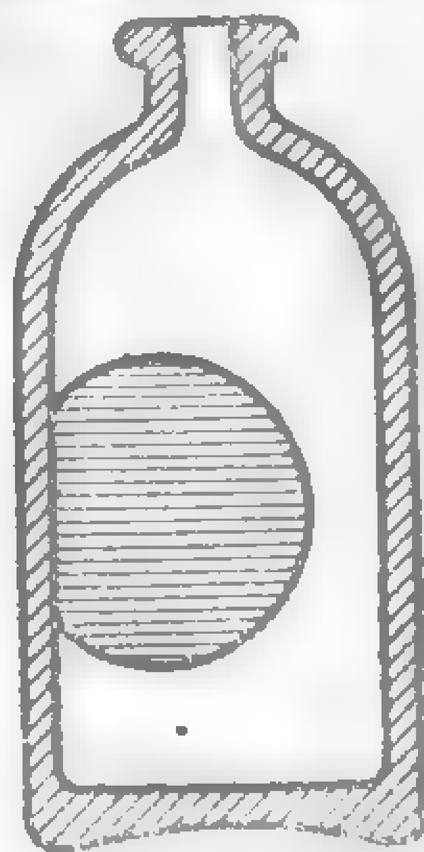
---

1) Адчуўшы сябе невагомымі, яны маглі зрабіць толькі два дапушчэнні або ядро свабодна ляціць у прасторы, або-ж земны шар раптоўна страціў здольнасць іх прыцягваць. Тэарэтычна абодва дапушчэнні роўнапраўны, практычна-ж выбар між імі несумненны.

Мы гэтак прывыклі да сілы цяжару, якая не пакідае нас ні ў чыгуначным вагоне, ні на палубе парахода, ні нават у гандолі аэрастата або ў сядзенні аэраплана—гэтак зжыліся з гэтай няухільнай сілай, што нам надзвычай цяжка ўявіць сабе яе адсутнасць. Каб дапамагчы чытачу ўявіць сабе, пры якіх незвычайных, амаль казачных, умовах будзе адбывацца „невагомае“ жыццё пасажыраў у каюце міжпланетавага карабля, паспрабуем накідаць тут некаторыя рысы своеасаблівага малюнка гэтага жыцця.

Вы спрабуеце зрабіць крок у каюце касмічнага карабля—і плаўна, як пушынка, лунаеце да столі: лёгкага намагання мускулаў ног дастаткова, каб надаць вашаму невагомаму целу прыкметную паступальную скорасць. Вы ляціцё да столі (нельга сказаць „угару“: ў свеце без цяжару няма ні гары, ні нізу), удараецеся аб яе—і адваротны штуршок адносіць ваша невагомае цела зноў да падлогі. Гэта плаўнае паданне не будзе грузным; вы будзеце адчуваць досыць лёгкі ўдар, але яго досыць, каб зноў адштурхнуць вас да столі і г. д. Калі, жадаючы як-небудзь спыніць міжвольныя і бесканечныя ваганні, вы ўчэпіцеся за стол, дык справе не пасобіце: стол, які нічога не важыць, лёгка паляціць разам з вамі і будзе гойдацца





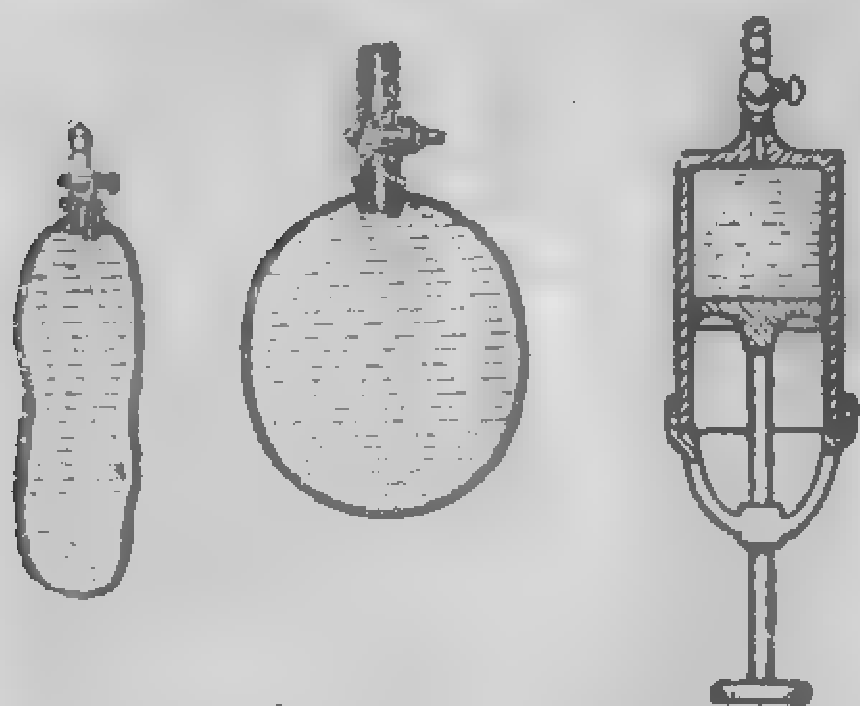
Рыс. 48. Вадкасці ва ўмовах невагомасці. Злева—вада ў бутлі; і справа—ртуць.

туды і назад, адштурхоўваючыся ад столі да падлогі і наадварот. Да чаго·б вы не датыкаліся—усё неадкладна прыходзіць у рух, плаўны, затое бесканечны. Паліца з кнігамі паплыве ў паветры, не губляючы сваіх кніг; скрынка з харчам і пасудай будзе лунаць „дном угару“, не губляючы таго, што ў ёй знаходзіцца. Адным словам, у каюце небеснага карабля будзе панаваць хаос, які выключае ўсякую магчымасць спакойнага жыцця, калі мы не паклапоцімся загадзя прывязаць і прывінціць усе рэчы да падлогі, да сцен, да столі.

Многія прадметы абстаноўкі будуць, аднак, зусім лішнімі ў гэтым свеце без цяжару. Навошта вам крэслы, калі вы можаце вісець у паветры у кожным палажэнні, не стамляючы ні аднаго мускула? Стол таксама непатрэбны: усё, што пастаўлена на яго, паляціць як пух пры самым нязначным штуршку або дзьмуханні. Лепш замяніць яго асобым станком з заціскачамі. Непатрэбны вам і ложак: вы не ўтрымаецеся на ім і адной мінуты—пры самым нязначным руху паляціцё прэч; спружынавы матрас будзе кідаць ваша цела да столі, як мяч. Каб спаць спакойна без міжвольных вандраванняў па ўсіх кутках каюты, вам неабходна будзе прывя-

заць сябе пасамі да свайго ложка. Матрас непатрэбны прадмет там, дзе няма цяжару; вам будзе мякка і на жорсткай падлозе, бо ваша цела нічога не важыць, не ціснe на падлогу, а значыць вы не будзеце адчуваць пачуцця жорсткасці.

Літаральна на кожным кроку будзе сцерагчы вас неспадзяванае і незвычайнае. Вы хочаце наліць вады, каб напіцца: пераварочваецца невагомы графін над невагомай шклянкай, але—вада не ллецца... Няма цяжару, значыць няма і прычыны, якая прымушае вадкасць выліваццa з абернeнай пасудзіны. Вы ўдараеце рукою па дне графіна, каб выштурхнуць ваду, і—новая неспадзяванасць: з графіна вылятае вялізны вадзяны шар, які хістаецца і пульсуе ў паветры. Гэта не што іншае, як велізарная вадзяная кропля: у сведе без цяжару вадкасць набывае сферычную форму, як масла ў славутым доследзе Плато. Калі гэта гіганцкая вадзяная кропля ўдарыцца аб падлогу або сценку каюты, яна разальецца па іх танчэйшым слоем і. распаўзецца ва ўсе бакі. Давядзецца браць з сабою вадкасці не ў шкляных і наогул цвёрдых пасудзінах, а ў гумовых схоўнях, з якіх вадкасць можна будзе выціскаць.



Рыс. 49. Бутлі для ракетнага зарабля: каб з бутлі магчыма было ў асяроддзі бяз цяжару даставаць тое, што там ёсць, сценкі яе павінны быць ску раныя (злева) або гумовыя (у сярэдзіне,) або-ж бутля павінна забяспечвацца поршнем (справа).

Піць у міжпланетавым караблі таксама нельга будзе так, як мы прызвычаліся. Зачарпнуць вадкасць цяжка: яна збярэцца ў шар, калі не намочыць сценак пасудзіны; і таму вы не данясеце да рота гэтай вадзяной пілюлі—пры самым нязначным штуршку яна паляціць прэч. Калі-ж вадкасць змочвае сценкі пасудзіны, дык абцягне яе з усіх бакоў, і вам давядзецца доўга аблізваць пасудзіну, адчуваючы пакуты Тантала.

Працэс піцця і яды ў невагомым асяроддзі патрабуе вялікай асцярожнасці: лёгка папярхнуцца.

Прыгатаванне абеду з невагомых прадуктаў будзе звязана з немалымі і зноў неспадзяванымі цяжкасцямі. Каб давесці ваду да кіпення, прыдзецца патраціць ледзь не цэлыя суткі. Сапраўды: пры звычайных умовах вада ў каструлі награецца параўнальна хутка толькі таму, што ніжэйшыя нагрэтыя слаі вады, як больш лёгкія, выціскаюцца ўгару халоднымі, што вышэй ляжаць, перамешванне гэта адбываецца само сабою, пакуль усе слаі вады не нагрэюцца да кіпення. Але ці спрабавалі вы награваць ваду зверху. Паспрабуйце; палажэце гарачыя вуглі на металічную пакрыўку поўнай каструлі—і вы пераканаецеся, што гэта бесканечная гісторыя: нагрэты слой застанецца наверсе, цеплата будзе перадавацца ніжэйшым слаём толькі праз ваду,—а цеплаправод-

насць вады, як вядома, мізэрная; можна давесці ваду ўверсе пасудзіны да кіпення і ў той-жа час утрымліваць на яе дне нерастопленыя кавалкі лёду. У невагомым свеце зоркалёта таксама не будзе гэтага добрадзейнага перамешвання слаёў пры награванні вадкасці, бо нагрэтыя і ненагрэтыя слаі аднолькава невагомы:— значыць закіпяціць усю ваду ў каструлі звычайным шляхам, без спецыяльных мяшалак, будзе досыць цяжка. У невагомай кухні немагчыма і смажыць на адкрытай скварадзе: пругкая пара масла зараз-жа адкіне смажаніну да столі. З тае-ж прычыны—адсутнічання перамяшчэння нагрэтых частак,—вельмі цяжка будзе апаліць каюту якім-небудзь награвальным прыборам.

Развязваючы мяшок з мукою або крупамі, мы рызыкуем нязначным штуршком рассеяць у паветры ўсё тое, што ў ім знаходзіцца.

Нават звычайнае полымя не будзе гарэць у каюце нябеснага карабля. Негаручыя газы, якія ўтвараюцца пры гарэнні полымя— вуглякіслата, вадзяная пара і інш.—не могуць тут выдаляцца самі сабой, як яны выдаляюцца на Зямлі ў выніку высокай тэмпературы. Яны будуць заставацца тут-жа, акружаючы полымя і не дапускаючы да яго паветра. Полымя задыхнецца ў прадуктах уласнага гарэння. Наладзіўшы ў вагона-ядры газавае асвятленне, Жуль Верн па сутнасці прызначыў сваіх герояй на прабыванне ў цемры.

У будучым міжпланетавым знарадзе асвятленне неабходна зрабіць электрычнае і нават для кухні прыдзецца карыстацца выключна электрычнымі награвальнікамі, што не маюць полымя.

Усе гэтыя жыццёвыя нязручнасці—кур'ёзныя, незвычайныя, неспадзяваныя, але па сутнасці, нашкодныя і нявінныя,—прымусяць будучых маракоў сусвета пазбавіцца ад многіх прывычак, што ўкараніліся раней. Аднак, наўрад ці будуць з-за гэтага адмаўляцца ад падарожжаў у таямнічыя глыбіні светабудовы. Людзі цярпелі больш сур'ёзныя цяжкасці, каб вывучыць нашу маленькую Зямлю— успомнім пакуты палярных падарожнікаў!—і, зразумела, не спыняцца перад імі, калі справа будзе ісці аб даследваннях сусвета.

XX. Небяспекі зоркаплавання.

Калі гутарка ідзе аб палёце ў сусветную прастору, розум непадрыхтаванага чалавека звычайна малюе бясконцы рад небяспек, якія спільнуюць карабель марака сусвета і нясуць яму гібель. Тут і сустрэча з метэорамі, якія праразаюць вельмі часта пустыні светабудовы; і страшэнны холад сусветнай прасторы; і нязносная для жывога арганізма скорасць перасоўвання; і шкодная адсутнасць цяжару; і такое-ж шкоднае ўзмацненне цяжару пры адлёце; і няўхільнае расплаўленне зоркалёта пры пранікненні праз атмасферу з вялізарнай скорасцю; і смертаносныя касмічныя прамяні; і ціск

сонечных праменёў, які здольны парушыць вылічаны шлях ракетнага карабля; і яшчэ многа іншых небяспек, з якіх кожнай паасобку досыць, каб зрабіць мерапрыемства невыканальным. Спынімся-ж на разглядзе гэтых небяспек і выяснім, у якой ступені яны рэальны.

Сустрэча з метэорамі.

Магчымая сустрэча зоркалёта з адным з тых цвёрдых адломкаў, якія імкліва праразаюць сусветную прастору, становіць сабою ў вачах многіх самую сур'ёзную небяспеку для будучых ракетных караблёў. Колькасць метэораў, якія кожныя суткі падаюць на земны шар са скорасцю дзесяткаў кіламетраў за секунду, вылічаецца мільёнамі. Ад гэтага нябеснага бамбардавання нас ратуе паветраная броня, што акружае Зямлю. Але што захавае ад яго зоркалёт, які выляціць за межы атмасферы? Ці не будзе ракетны карабель адразу-ж абсыпаны градам метэораў, якія праб'юць яго тонкую абалонку, пашкодзяць механізм, выпусцяць запасы гаручага і паветра?

Бліжэйшы разгляд пытання паказвае, што падобная баязлівасць амаль зусім пазбаўлена падставы. Забываюцца, што калі для велізарнага земнага шара метэоры з'яўляюцца густым градам, дык для зоркалёта, паверхня якога ў д з е с я т к і м і л ь я р д а ў меней за паверхню нашай планеты, тыя-ж метэоры рассеяны вельмі прасторна. Вядомы нямецкі астраном К. Г р а ф выказаўся адносна гэтага так:

„З метэорнай небяспекай можна амаль не лічыцца. Нават у густых метэорных струменях адна крупінка масаю меней за кілаграм трапляецца ў сотні кубічных метраў—у аб'ёме, які ледзь уяўляецца нашым выабражэннем. А небяспека непасрэднай сутычкі з больш буйнымі метэорамі роўняецца нулю“.

Падцверджанне гэтых слоў знаходзім і ў іншых астраномаў. В. Мейер у кнізе „Каметы і метэоры“ пісаў: „Для патоку леанідаў[1]) 1866 г. знойдзена, што ў самай шчыльнай яго частцы цвёрдыя крупінкі падзелены прамежкамі ў 110 кіламетраў“. Пасля гэтага для чытача не будзе нечаканым развлік прафесара Оберта, які сцвярджае, што „ракета павінна вандраваць у сусветнай прасторы 530 год перш чым спаткаць адзін метэор... З гэтага пункта погляду падарожжа ў зоркалёце ва ўсякім разе не такое небяспечнае, як, напрыклад, язда на аўтамабілі“. Да падобнага-ж вывада прышоў, на падставе сваіх вылічэнняў, і прафесар Р. Гадард.

Холад сусветнай прасторы.

Другая небяспека, на думку многіх, якая пільнуе будучага марака сусвета,—страшэнны холад сусветнай прасторы, які дасягае—270 градусаў. Такі моцны холад няўхільна павінен пранікнуць скрозь металічныя сценкі касмічнага карабля і замарозіць яго пасажыраў.

---

[1]) Метэоры, якія асабліва моцна падаюць у лістападзе з сузор'я Льва.
(Увага перакладчыка).

Гэта баязлівасць, аднак, грунтуецца на простым непаразуменні. Калі аб „тэмпературы сусветнай прасторы“ гаворыць фізік, ён добра ведае, што трэба пад гэтым разумець. Але ў шырокай публіцы з тымі-ж словамі звязаны вельмі няясныя і бязладныя ўяўленні. Тэмпературай сусветнай прасторы называюць тую тэмпературу, якую прымае абсалютнае чорнае цела[1]), якое захована ад сонечных прамянёў і знаходзіцца далёка ад планет. Але зоркалёт ні ў якім выпадку не ёсць цела, якое захована ад сонечных прамянёў. Наадварот, ён бесперапынна купаецца ў прамянёх сонца, бесперапынна праграваецца ім. Разлік паказвае, што шар з цеплаправоднай матэрыі (метала), які змешчаны ў падобных умовах на адлегласці 150 мільёнаў кіламетраў ад сонца, павінен мець тэмпературу на 12° вышэй нуля Цэльсія, а цела формы ракеты—нават на 29° вышэй нуля. Калі-ж адзін бок ракеты зачэрнены, а другі бліскучы, дык тэмпература зоркалёта можа вагацца—у залежнасці ад паварота яго да сонца—між 77 вышэй нуля Цэльсія і 38° ніжэй яго. Мы бачым, што пасажыры ракетнага карабля будуць мець магчымасць, паварочваючы яго розным чынам адносна сонца, падтрымліваць унутры каюты, паводле жадання, усякую тэмпературу—ад сібірскага марозу да спякоты Сахары.

Надмерная скорасць.

Многіх палохае велізарная скорасць, з якой зоркалёт будзе імчацца ў сусветнай прасторы. Чалавечы арганізм, аднак, здольны вытрымаць усякую скорасць, па той простай прычыне, што ён наогул не адчувае ніякай скорасці. Хіба адчуваем мы, што наша цела кожную секунду перамяшчаецца разам з земным шарам на 30 *км*, а разам з Сонцам—яшчэ на 20 *км*. Для арганізма небяспечна не скорасць сама па сабе, якой-бы вялікай яна не была, а з м е н а скорасці, пераход ад адной скорасці да другой, г. зн. тое, што ў механіцы завецца „паскарэннем“. Паскарэнне-ж адчуваецца намі як узмацненне або паслабленне сілы цяжару—эфект, які, як і поўная неважкасць, будзе зараз разгледжан асобна.

Адсутнасць цяжару.

Часта выказваецца боязнь, што вынікі для жывога арганізма ад змяшчэння яго ў асяроддзе без цяжару павінны быць смяротнымі. Непакой гэты, аднак, ні на чым па сутнасці не грунтуецца. Калі сістэматычна разгледзець, якія іменна функцыі нашага арганізма маглі-б сур'ёзна расстроіцца ў выніку страты вагі, дык выявіцца, што такіх функцый няма[2]).

---

[1]) Г. зн. цела, якое паглынае ўсе прамяні, што на яго падаюць.

[2]) Многіх бянтэжыць той агульнавядомы факт, што чалавек, які вісіць уніз галавою, пагібае; адсюль робяць вывад аб важным значэнні для нашага арганізма належным чынам накіраванай сілы цяжару. Аднак з таго, што пры пэўным кірунку свайго дзеяння фактар з'яўляецца шкодным, ніяк не вынікае, што і поўная адсутнасць гэтага фактара таксама будзе шкодная.

„Адсутнасць цяжару—піша Г. Оберт—не можа прычыніць нам ніякай фізічнай шкоды. Ужо той факт, што ўсе жыццёвыя працэсы адбываюцца ў нашым целе як пры яго проставесным, гэтак і пры гарызантальным палажэнні, даводзіць, што мы (у адрозненне ад раслін) не прыстасаваны толькі да пэўнага кірунку цяжару“.

Невагомасць—паводле даследванняў Оберта—можа рабіць на чалавека шкоднае псіхічнае дзеянне. У першыя моманты, асабліва пры раптоўным пераходзе да ўмоў невагомасці, адчуваецца несвядомы страх. Але мазгі і знешнія пачуцці функцыянуюць незвычайна інтэнсіўна, мыслі выразны і надзвычайна лагічны. Цячэнне часу здаецца замаруджаным; устанаўляецца своеасаблівая нечуллівасць да болю і пачуццё абыякавасці. Пазней гэтыя з'явы знікаюць і аддаюць месца пачуццю свежасці і падвышанага напружання жыццёвых з'яў, якое падобна на дзеянне сродкаў, што ўзбуджаюць нервы. Нарэшце, праз некаторы час псіхічны стан даходзіць да нармальнага, хоць прабыванне ў асяроддзі без цяжару працягваецца.

Той-жа думкі аб фізіялагічнай няшкоднасці адсутнасці цяжару прытрымліваецца і К. Э. Цыялкоўскі.

„У час падзення або простага скачка на нашай планеце, пакуль мы яшчэ не даткнуліся нагамі да яе глебы, мы таксама знаходзімся, у адносінах да нашага цела, адзення і прадметаў, што пры нас знаходзяцца, у асяроддзі, свабодным ад цяжару; але з'ява гэта працягваецца самае многае паўсекунды; у працягу гэтага прамежку часу часткі нашага цела не ціснуць адна на адну, паліто не абцяжарвае плячэй, гадзіннік не адцягвае кішэні. Пры купанні на Зямлі вага нашага цела таксама амаль паралізуецца выштурхвальным дзеяннем вады. Тая адсутнасць вагі можа працягвацца нявызначана доўгі час. Адсюль відаць, што наўрад ці патрэбны якія-небудзь асобныя доследы для доказу няшкоднасці асяроддзя, якое пазбаўлена цяжару“.

У часе свабоднага падання цела не мае вагі, так што чалавек, які падае з вышыні, знаходзіцца ва ўмовах невагомасці. Але паданне само па сабе не выклікае ніякага расстройства. Вядомы, напрыклад, выпадак з вайсковым лётнікам (П. Ш. А., 1925), які зваліўся з аэраплана, захапіўшы з сабой парашут; ён расчыніў парашут толькі пасля таго, як спусціўся на 270 *м*, і ні на секунду не згубіў свядомасці ў час падання. Больш 7 секунд ён быў невагомы. Артысты, якія выконваюць нумар „Чалавек-гармата“ (іх выстрэльваюць са спружыновай [1]) гарматы), знаходзяцца ў час свайго пералёта ў стане невагомасці да 4 секунд, не адчуваючы пры гэтым ніякіх хваравітых пачуццяў [2]).

Адзначым яшчэ памылковасць думкі (якая выказана некаторымі крытыкамі маёй кнігі), нібы невагомае паветра ўнутры міжпланетавага карабля не павінна рабіць ніякага ціску. Калі-б гэта было верна, дык, зразумела, цэлы рад з'яў унутры нябеснага карабля

---

1) Але ніяк не з порахавай. Дым, які бачны для публікі—чыста дэкаратыўны.
2) Гл. „Занятную механіку“ Я. І. Перэльмана.

адбываўся-б не так, як апісана ў раздзеле XIV. Але ў сапраўднасці ціск паветра пры даных умовах нікольні не звязан з яго вагомасцю. Вагомасць, зразумела, была прычынаю таго, што паветра каля земнай паверхні сціснута і ціске ва ўсе бакі. Але гэта сціснутае паветра павінна поўнасцю захаваць свой ціск і ў тым выпадку, калі, у закрытым памяшканні, яно становіцца невагомым. Сціснутая спружына не траціць сваёй пругкасці ў асяроддзі без цяжару; кішэнны гадзіннік не зменіць свайго ходу ад перанясення з Зямлі на Месяц, або на самы маленькі астэроід. Сціснуты газ тая-ж самая спружына і не павінен траціць сваёй пругкасці пры паслабленні цяжару або поўнай страце вагі (калі, зразумела, газ змешчаны ў герметычна замкнутай прасторы). Паветра страціла-б сваю пругкасць толькі пры адной умове: калі-б тэмпература яе знізілася да абсалютнага нуля (г. зн. да—273 Ц); пры тэмпературы вышэй за гэтую, кожны газ павінен уладаць пругкасцю незалежна ад таго, падлягае ён цяжару ці не. Таму, барометр-анероід паказаў-бы ў нябесным дырыжаблі ў часе палёта той-жа самы ціск, які ён паказваў там да адлёта. (Барометр з іртуці зусім непрыгодны ў такіх умовах, таму што ён вымярае ціск паветра вагою слупа іртуці, які ў асяроддзі без цяжару раўняецца нулю).

Многія думаюць таксама, што ў асяроддзі без цяжару немагчыма глытанне. Гэта зусім памылкова. Акт глытання зусім не абумоўлены цяжарам: яда ідзе па страваходу дзеяннем яго мускулаў. Лебедзь, страус, жырафа п'юць пры нахіленай шыі; акробаты могуць піць, павіснуўшы ўніз галавою. Паглынутая вадкасць праціскаецца мускуламі стравахода ў страўнік надзвычай шпарка—у працягу часткі секунды. Цвёрдая яда перамяшчаецца больш павольна—у чалавека секунд 8—10 (у залежнасці ад велічыні праглынутага кавалка,—але ва ўсякім разе без удзела сілы цяжару.

Узмоцнены цяжар.

Што тычыцца, наадварот, узмоцненага цяжару, дык ён, наогул кажучы, становіць для чалавека сур'ёзную небяспеку, калі перавышае вядомую граніцу. Жывёлы могуць пераносіць узмацненне цяжару ў досыць шырокіх межах, як відаць з доследаў Цыалкоўскага.

„Я рабіў доследы з усялякімі жывёламі,—гаворыць Цыалкоўскі,—яны падлягалі дзеянню ўзмоцненага цяжару на асобных аццэнтравых машынах... Вагу прусака я павялічваў у 300 разоў, а вагу кураняці разоў у дзесяць; я не заўважыў, каб дослед зрабіў ім якую-небудзь шкоду". Тое-ж пацвердзілі і доследы, якія былі наладжаны ў Ленінградзе ў 1930 г. у Інстытуце Грамадзянскага паветранага флота.

Падвоены цяжар чалавек пераносіць лёгка. Пры крутым зніжэнні („пікіраванні") лётнікі пры выхадзе з піке падлягаюць, як паказвае разлік, трохкратнаму і нават чатырохкратнаму штучнаму цяжару; вядомы выпадак, калі лётнік адчуў на сябе пры такім

спуску дзеянне сямікратнага цяжару (г. зн. рухаўся з прыскараннем у 70 *м* за секунду) і перанёс яго—зразумела, у працягу ўсяго некалькіх секунд—без шкоды для здароўя. Мы ўжо падавалі прыклад—праўда выключны—з пажарнікам, які скокнуў з вышыні 25 *м* на палатно; чалавек гэты падлёг пры ўдары аб тканіну паскарэнню ў 24 разы мацнейшаму за нормальнае. Вядома, што людзі без усякай шкоды пераносяць скаканне з вялікай вышыні ў ваду,—хоць, паводле разлікаў Оберта, такое скаканне з 8 *м* робіць на організм узмацненне цяжару ў чатыры разы[1]). Памянёны вучоны лічыць, што чалавек можа пераносіць без шкоды ў кірунку ад галавы да ног паскарэнне 60 *м* за секунду (6-кратны цяжар), а ў папярочным—80—90 *м* за секунду (8—9-кратны цяжар). „Усё пытанне ў тым, ці можа ён пераносіць гэта дзеянне больш доўга, г. зн. прынамсі 200—600 секунд... У часе вайны наглядаўся такі выпадак: лётнік са скорасцю каля 216 *км* за гадзіну (60 *м* за секунду) апісаў чатыры пятлі вінтавой лініі дыяметрам не больш 140 *м*; у працягу 29 секунд ён падлягаў паскарэнню ў 51,5 *м* за секунду без усякай шкоды. Гэты выпадак гаворыць за тое, што чалавек можа і працяжна пераносіць падобную ступень узмацнення цяжару".

Такую-ж думку выказваў і Макс Валье. У артыкуле „Медыцына і зоркаплаванне" („Ракета", 1928 г.) ён пісаў: „Можна прыняць, што чалавек здольны без шкоды для сябе ў працягу некалькіх мінут пераносіць 3—4-кратнае ўзмацненне цяжару, асабліва калі яго цела змешчана ўпоперак дзейнай сілы, г. зн. упоперак да кірунку руху апарата. Адпраўляцца трэба, значыць, лежачы, размяшчаючыся на мяккай пасцелі (добры матрас у койцы, якая вісіць свабодна), каб магчыма больш квадратных сантыметраў цела мелі апору. Выпрабаванне чалавека ў адносінах да ўзмацнення цяжару можна выканаць пры дапамозе спецыяльна пабудаванай для гэтага каруселі, якая верціцца настолькі шпарка, што дзеянне адцэнтравай сілы ў некалькі разоў перавышае нармальнае напружанне цяжару. Адпраўляцца ў палёт з вялікім паскарэннем без папярэдняга апрабавання было-б рызыкоўна—усякаму зразумела, што ўзмоцнены цяжар перашкаджае дзейнасці сэрца, лёгкіх і іншых органаў, якія выконваюць жыццёвыя функцыі".

Вельмі паказальны доследы, якія рабіліся нядаўна (1928) у Брэслаўлі над дзеяннем адцэнтравай сілы на чалавека; напомнім, што ціск, які абумоўлены гэтай сілай, нічым не адрозніваецца ад ціску, што выклікаецца цяжарам. Чалавек, які даў сябе для доследаў, рабіў саманагляданні па пэўнай праграме. Доследы рабіліся на каруселі. Адлегласць цэнтра цяжару гэтага чалавека ад восі вярчэння была 3,2 *м*. Пры 24 абаротах за мінуту, роўнадзейная адцэнтравага паскарэння і паскарэння цяжару раўнялася 23 *м* за секунду, г. зн. больш за нармальнае паскарэнне цяжару ў 2,3 разы.

---

[1]) „Чалавек-гармата" пры паданні на сетку ставіць сваё цела пад узмоцнены цяжар, які ў 15 разоў перавышае нармальны, не пераносячы пры гэтым хваравітых адчуванняў (гл. „Занятную механіку").

Пры гэтым сэрца, дыхальны апарат і мазгі працавалі нармальна. Самапачуццё і мышленне—такія-ж, як і ў нармальных умовах. Прыметна адчуваўся толькі ціск цела на знешнюю сценку. Рукі і ногі здаваліся абцяжэлымі, але ўсё-ж імі лёгка было кіраваць. Мускулы шчок пры бакавым палажэнні галавы прыметна адцягваліся. Цяжка было трымаць галаву прама, не падпіраючы яе.

Пры больш шпаркім вярчэнні каруселі дасягалася паскарэнне ў 4,3 разы больш за нармальнае. Але пры гэтых умовах не прымячалася расстройства ў дзейнасці сэрца і дыхальнага апарата; свядомасць і ўсе пачуцці былі нармальны. Рукі і ногі прыметна абцяжэлі, але імі ўсё-ж можна было рухаць. Адчувалася, што адзенне стала куды цяжэй. Але больш за ўсё адчуваўся ціск цела на знешнюю сценку. Рабіць наглядання пры яшчэ больш шпаркім вярчэнні на гэтай каруселі нельга было з-за непрыстасаванасці каруселі.

Супраціўленне атмасферы.

Некаторыя выказваюць непакой, што ракетны карабель, які ляціць з касмічнай скорасцю, павінен, праразаючы земную атмасферу пры ўзлёце і пры звароце на Зямлю, падлегчы тым-жа ўмовам, як і метэоры: пераход энергіі яго руху ў цяплыню няўхільна распаліць, расплавіць, нават аберне ў пару ўвесь зоркалёт. Меркаванне гэта здаецца на першы погляд вельмі сур'ёзным; у сапраўднасці-ж як мы ўжо мелі выпадак адзначыць, яно вельмі мала грунтоўна.

Справа ў тым, што міжпланетавая ракета праразае таўшчыню атмасферы зусім не з касмічнай скорасцю. Мы бачылі, што пры падарожжы на Месяц, зоркалёт набывае сваю максімальную, касмічную скорасць ужо за межамі атмасферы, на вышыні 1666 кіламетраў; шчыльную-ж частку паветранай абалонкі ракетны карабель пранізае з параўнальна памяркоўнай скорасцю. Так, пры адлёце на Месяц, ракета мае на вышыні аднаго кіламетра скорасць у адносінах да зямлі 250 *м* за секунду, на вышыні 2 *км*—350 *м*, 5 *км*—550 *м*, 10 *км*—770 *м*, 15 *км*—950 *м*, 20 *км*—1100 *м*, 30 *км*—1350 *м*. Як бачым, скорасць ракеты малая там, дзе паветра шчыльнае, і вялікая там, дзе яно вельмі развэджана.

Пры адваротным спуску на Зямлю ракета апісвае строга разлічаную спіраль, праразаючы спачатку, пакуль скорасць вялікая, самыя развэджаныя слаі атмасферы і толькі паступова, у меру памяншэння скорасці, пранікаючы ў больш шчыльныя слаі. Небяспека расплаўлення абалонкі і тут можа быць цалкам адхілена.

Касмічныя і ультрафіялкавыя прамяні.

У лік магчымых небяспек зоркаплавання часамі залічаюць і шкоднае, ледзь не смерцяноснае дзеянне так званых касмічных прамянёў (якія інакш імянуюцца таксама прамянямі Геса або Мілікена). Шкоднае дзеянне гэтага выпраменявання, аднак, моцна

перавялічана. Аўтарытэтны даследвальнік касмічных прамянёў прафесар Кальхерстэр лічыць падобную баязлівасць, якая звязана з гэтымі прамянямі, пазбаўленай усякай падставы.

Што тычыцца шкоднага дзеяння прамянёў ультрафіялкавых на той вышыні, дзе дзеянне іх не паслабляецца таўшчынёй атмасферы, дык ад іх досыць ахоўваюць пасажыраў металічныя сценкі зоркалёта і тоўстае шкло яго ілюмінатараў.

Прамянёвы ціск.

Тут таксама бачаць перашкоду для зоркаплавання. Зоркалёт, як нябеснае цела, зразумела, карлік; а калі так, дык ці не можа быць яго рух парушаны адштурхальным дзеяннем сонечных прамянёў. Ці не разбурыць гэты фактар усе разлікі астраномаў, ці не зблытае ён гэтак пільна вылічаныя маршруты зоркаплавання?

Баяцца гэтага не даводзіцца. Ракета ў 5 *т* масы, якая падстаўляе сонечным прамянём паверхню ў 50 кв. *м*, павінна пад дзеяннем светлавога ціску набыць паскарэнне у 0,000004 *см* у секунду. У працягу сутак скорасць зоркалёта зменіцца менш, чым на 2 *мм* за секунду. Гэта не можа мець ні адхільнага значэння, ні нават служыць колькі-небудзь значнай перашкодай, бо для папаўнення рознага рода непрадбачаных дробных страт скорасці, зоркалёт бярэ з сабою некаторую лішку гаручага.

Заключэнне.

Ніколі не кажы „ніколі"
Старажытнае выслоўе

Мы бачылі, што праблема зоркаплавання,—калі не ў поўным аб'ёме, дык у істотнай сваёй частцы,—можа лічыцца развязанай ужо ў нашы дні. Развязана не ў тэхнічным, зразумела, сэнсе, а ў механічным і фізічным: знойдзены ў інвентары сучаснай навукі тыя фізікамеханічныя прынцыпы, на якіх можа быць пабудован зоркалёт будучыні. Такім прынцыпам з'яўляецца закон супроцьдзеяння, і правобразам зоркалёта з'яўляецца ракета. Сам Н'ютон, які абвясціў закон супроцьдзеяння, прадракаў, што калі ўдасца калі-небудзь людзям лятаць у пустой прасторы, дык зроблена гэта будзе толькі пры дапамозе апаратаў, якія пабудаваны на гэтай падставе. Цяпер ужо няма сумнення, што чалавецтву прызначана ўвайсці калі небудзь у непасрэдныя зносіны з іншымі планетамі, распачаць новы „сусветны" перыяд сваёй гісторыі, і ажыццявіцца гэты крок пры дапамозе гіганцкіх ракет—адзінага сродку, які развязвае праблему міжпланетавых спадарожжаў.

Геній Н'ютона адкрыў чалавецтву закон дзеяння магутнай сілы, што прыкоўвае нас да Зямлі. Але той-жа геній адкрыў і другі закон прыроды, апіраючыся на які чалавек скіне бярэмя цяжару і вырвецца з земнага палона на прастору сусвета ў неабсяжны свет светаў.

Дадаткі.

1. Сілы цегацення.

Паданыя ў раздзеле II прыклады дзеяння сілы цегацення могуць быць праверавы нескладанымі разлікамі, якія грунтуюцца на законе Н'ютона і элементах механікі. Чытачы, якія маюць пачатковыя веды з алгебры, без перашкоды прасочаць за імі. Напомнім, што за адзінку вымярэння сілы ў механіцы прынята сіла, якая, калі яе прыкласці да свабоднага цела ў 1 грам, штосекунды павялічвае яго скорасць на адзін сантыметр. Гэта адзінка сілы называецца **дынай**. З прычыны таго, што сіла земнага прыцяжэння кожную секунду павялічвае скорасць свабодна падаючага грама амаль на 1000 *см* (9,8 *м*), дык сіла, з якою прыцягваецца да Зямлі 1 грам, большая за „дыну" у 1000 разоў, г. зн. роўна (амаль) 1000 дынам. Іншымі словамі: вага гіркі ў 1 грам (сіла яе прыцяжэння да Зямлі) раўняецца амаль 1000 дынам. Гэта дае ўяўленне аб велічыні дыны ў адзінках вагі: дына раўняецца прыкладна тысячнай частцы грама.

Далей: устаноўлена, што 2 маленькіх шарыкі, па адным граме кожны, адлегласць між цэнтрамі якіх раўняецца 1 сантыметру, павінны прыцягвацца між сабою з сілаю ў адну 15-мільённую частку дыны. Гэту велічыню называюць „пастаяннай цегацення".

Ведаючы гэта, няцяжка, на аснове закона Н'ютона, вылічыць сілу ўзаемнага прыцяжэння двух чалавечых цел, якія раздзелены прамежкам у адзін метр (або 100 сантыметраў). Прымаючы вагу чалавечага цела ў 65 *кг* (65000 *г*) і маючы на ўвазе, што ўзаемнае прыцяжэнне проста прапарцыянальна здабытку мас і адваротна прапарцыянальна квадрату адлегласці (закон Н'ютона),—маем для сілы ўзаемнага прыцяжэння:

$$\frac{1}{15000000} \times \frac{65\,000 \times 65\,000}{100^2} = \text{каля } 0{,}028 \text{ дыны.}$$

Выходзіць, два чалавечых целы прыцягваюцца ўзаемна з сілаю 0,028 дыны (каля саракавой часткі міліграма).

Такім-жа чынам можа быць вылічына сіла ўзаемнага прыцяжэння і двух лінейных караблёў, якія раздзелены адлегласцю ў 1 кіламетр. Маса кожнага карабля = 25000 m = 25 000 000 000 $г$; адлегласць = = 100 тысяч *см*. Таму ўзаемнае прыцяжэнне раўняецца:

$$\frac{1}{15.000\,000} \times \frac{(25\,000\,000\,000)^2}{(100\,000)^2} = \text{каля } 4200 \text{ дын.}$$

З прычыны таго, што тысяча дын = 1 граму, дык 4200 дын роўны прыкладны 4 грамам.

2. Паданне ў сусветнай прасторы.

Палёт ядра гарматы Жуля Верна на Месяц можна разглядаць, як выпадак падання цела ў сусветнай прасторы пад уплывам сілы цегацення. Таму, перш чым разглядзець умовы яго палёта, карысна разглядзець, наступную задачу з абсяга нябеснай механікі.

За які час упаў-бы на сонца земны шар, калі-б з якой-небудзь прычыны прыпыніўся яго рух па арбіце?

Задачы падобнага рода лёгка вырашаюцца на падставе трэцяга закона Кеплера: квадраты часу зварота планет і камет адносяцца як кубы іх сярэдніх адлегласцяй ад Сонца; сярэдняя-ж адлегласць ад Сонца раўняецца даўжыні вялікай паўвосі эліпсаў. У нашым выпадку мы можам земны шар, які падае проста на Сонца; прыраўнаць да выабражальнай ка меты, якая рухаецца па моцна выцягнутым эліпсе, крайнія пункты якога змешчаны: адзін—каля земнай арбіты, другі— у цэнтры Сонца. Сярэдняя адлегласць такой каметы ад Сонца, г. зн. вялікая паўвось яе арбіты, відавочна, удвая меней за сярэднюю адлегласць Зямлі. Вылічым, якавы павінен быў-бы быць перыяд абарачэння гэтай выабражальнай каметы. Складзем, на падставе трэцяга закона Кеплера, прапорцыю:

$$\frac{(\text{перыяд абарачэння Зямлі})^2}{(\text{перыяд абарачэння каметы})^2} = \frac{(\text{сярэд. адлегл. Зямлі})^3}{(\text{сярэдн. адлегл. каметы})^3}$$

Перыяд абарачэння Зямлі раўняецца 365 суткам; сярэднюю адлегласць яе ад Сонца прымем за адзінку, і тады сярэдняя адлегласць каметы выразіцца праз $^1/_2$. Прапорцыя набывае выгляд:

$$\frac{365^2}{(\text{перыяд абарач. каметы})^2} = \frac{1}{(0{,}5)^3},$$

адкуль

$$(\text{перыяд абарачэння каметы})^2 = 365^2 \times \frac{1}{8},$$

або

$$\text{перыяд абарачэння каметы} = \frac{365}{\sqrt{8}}.$$

Але нас цікавіць не поўны перыяд абарачэння гэтай выабражальнай каметы, а палавіна перыяда, г. зн. працяжнасць палёта ў адзін канец—ад земнай арбіты да Сонца: гэта і ёсць шуканая працяжнасць падання Зямлі на Сонца. Яна раўняецца

$$\frac{365}{\sqrt{8}} : 2 = \frac{365}{\sqrt{32}} = \frac{365}{5{,}6} = 64 \text{ сутак.}$$

Выходзіць, каб даведацца, за які час Зямля ўпала-б на Сонца, трэба працяжнасць года падзяліць на $\sqrt{32}$, г. зн. на 5,6. Лёгка бачыць, што атрыманае простае правіла можна дапасаваць не да адной толькі Зямлі, але і да ўсякай іншай планеты і да ўсякага спадарожніка. Інакш кажучы, каб даведацца, за які час планета або спадарожнік упадуць на сваё цэнтральнае свяціла, трэба перыяд іх абарачэння падзяліць на $\sqrt{32}$, г. зн. на 5,6. Меркурый, які абарачаецца ў 88 дзён, упаў-бы на Сонца за 15,5 дзён; Сатурн, перыяд абарачэння якога раўняецца 30 нашым гадам,—падаў-бы на Сонца ў працягу 5,5 год. А Месяц упаў-бы на Зямлю за 27,3 : 5,6, г. зн. за 4,8 сутак. І не толькі Месяц, але і ўсякае наогул цела, якое знаходзіцца ад нас на адлегласці Месяца, падала-б да Зямлі ў працягу 4,8 сутак (калі толькі яму не надана пачатковая скорасць, а падае яно, падпарадкуючыся толькі дзеянню аднаго земнага прыцяжэння).

Тут мы ўсутыч падыходзім да задачы Жуля Верна. Лёгка зразумець, што столькі-ж часу павінна ляцець на Месяц усякае цела, якое кінута, наадварот, з Зямлі на Месяц з такой скорасцю, каб дасягнуць якраз адлегласці Месяца. Значыць, ядро з алюміню Жуля Верна павінна было-б ляцець каля 5 сутак, калі-б яго хацелі закінуць на адлегласць Месяца.

Аднак, члены Гарматнага клуба разлічвалі закінуць ядро не проста на Месяц, а толькі да таго пункта між Зямлёй і Месяцам, дзе сіла прыцяжэння абодвух свяціл становіцца роўнай: адсюль ядро само ўжо ўпала-б на Месяц з прычыны прыцяжэння ім. Гэты нейтральны пункт знаходзіцца на 0,9 адлегласці ад Зямлі.

Вылічэнне, значыць, некалькі ўскладняецца. Па-першае, трэба вылічыць, за які час ядро даляцела-б да 0,9 адлегласці між Зямлёй і Месяцам, або,—што тое-ж самае,—за які час цела з гэтай адлегласці ўпала-б на Зямлю; па-другое, трэба вызначыць працяжнасць падання цела ад гэтага нейтральнага пункта да Месяца.

Для вырашэння першай задачы ўявім сабе, што на 0,9 адлегласці ад Зямлі да Месяца абарачаецца вакол нашай планеты нябеснае цела і вылічым перыяд абарачэння гэтага выабражальнага спадарожніка Зямлі. Абазначыўшы невядомы перыяд абарачэння праз x, складаем, на падставе трэцяга закона Кеплера, прапорцыю

$$\frac{x^2}{27{,}3^2} = \frac{0{,}9^3}{1^3},$$

адсюль шуканы перыяд абарачэння $x = 27{,}3\sqrt{0{,}9^3} = 23{,}3$. Падзяліўшы гэты перыяд на $\sqrt{32}$, г. зн. на 5,6, мы, згодна выведзенага

раней правіла, атрымаем час пералёта ядра ад Зямлі да нейтральнага пункта: $23,3:5,6=4,1$ сутак.

Другую задачу рашаем падобным чынам. Каб вылічыць, за які час ядро ўпала-б з адлегласці нейтральнага пункта да Месяца, трэба спачатку вызначыць, за які час ядро, знаходзячыся на той-жа адлегласці ад Месяца, зрабіла-б вакол яго поўны абарот. Радыус арбіты гэтага выабражальнага спадарожніка Месяца раўняецца 0,1 радыуса арбіты Месяца, а маса цэнтральнага свяціла (у даным выпадку Месяца)—у 81 раз меншая за масу Зямлі. Калі-б маса Месяца раўнялася земнай, дык спадарожнік, абарачаючыся на сярэдняй адлегласці ў 10 разоў меншай, чым адлегласць Месяца, рабіў-бы поўны абарот у перыяд y, які лёгка вылічаецца паводле закона Кеплера:

$$\frac{y^2}{27,3^2}=\frac{0,1^3}{1^3},$$

адкуль

$$y=27,3\sqrt{0,001}=0,273\sqrt{10}.$$

Але з прычыны таго, што маса, а значыць і прыцягальнае дзеянне цэнтральнага свяціла ў даным выпадку ў 81 раз меншае, чым у сістэме Зямлі, дык час абарачэння ядра-спадарожніка будзе даўжэйшы. У колькі разоў? З механікі мы ведаем, што дацэнтравае паскарэнне прапарцыянальна квадрату скорасці. Тут гэта паскарэнне (якое ўтвараецца прыцяжэннем Месяца) меншае ў 81 раз—значыць скорасць руху ядра па арбіце павінна быць меншая ў $\sqrt{81}$ раз, г. зн. у 9 раз. Іншымі словамі, ядро ў ролі спадарожніка Месяца павінна аблятаць вакол Месяца ў 9 раз больш павольна, чым яно аблятала-б на такой-жа адлегласці вакол Зямлі. Значыць, шуканы час абарачэння раўняецца:

$$0,273\sqrt{10}\times 9=7,77 \text{ сутак.}$$

Каб атрымаць працяжнасць падання ядра ад нейтральнага пункта да Месяца, трэба, як мы ўжо ведаем, знойдзены цяпер перыяд яго абарачэння (7,77) падзяліць на $\sqrt{32}$, г. зн. на 5,6; атрымаем 1,4 сутак, а больш дакладна—33,5 гадзіны [1]).

---

[1]) На адлегласці Зямлі ядро абарачалася-б вакол Месяца ў 9 раз больш павольна, чым Месяц вакол Зямлі, г. зн. рабіла-б поўны абарот за $27,3\times 9$ сутак. Час падання яго з Зямлі на Месяц пад дзеяннем яго прыцяжэння раўняўся-б, значыць,

$$\frac{27,3\times 9}{5,6}=44 \text{ дням.}$$

За такі тэрмін павінен быў-бы пераляцець з Зямлі на Месяц „кеварытны“ знарад Уэльза, калі-б усе яго „кеварытныя“ заслоны былі згорнуты і ўся маса знарада падлягала дзеянню прыцяжэння Месяца. Але падарожнікі рабілі так, што падлягала дзеянню цегацення толькі частка масы знарада, а рухалася-ж уся маса знарада. У выніку гэтага знарад атрымліваў паскарэнне, якое складае толькі некаторую частку ад нармальнага. У рэзультаце працяжнасць пералёта павінна павялічыцца. Калі, напрыклад, дзеянню прыцяжэння падлягала толькі дзесятая частка масы знарада, дык час падання знарада на Месяц павінен узрасці ў $\sqrt{10}$ раз, г. зн. падарожжа цягнулася-б 136 дзён.

Значыць, увесь паралёт гарматнага знарада ад Зямлі да Месяца павінен быў-бы цягнуцца 4,1 плюс 1,4 сут. = 5,5 сутак.

Аднак, гэта не зусім дакладны рэзультат: тут не ўзята пад увагу тая акалічнасць, што і пры палёце ад Зямлі да нейтральнага пункта ядро падлягае прыцягальнаму дзеянню Месяца, якое паскарае яго рух; з другога боку, пры паданні на Месяц яно адчувае на сабе замаруджвальнае дзеянне земнага прыцяжэння. Апошняе дзеянне павінна быць асабліва прыметна і, як паказвае больш дакладнае вылічэнне (паводле формулы, што падана ніжэй), прыкладна ўдвая павялічыла-б працяжнасць падання ядра ад нейтральнага пункта да Месяца. Дзякуючы гэтым папраўкам агульная працяжнасць пералёта знарада ад Зямлі ад Месяца з 5,5 сутак узрастае да 7 сутак.

У рамане працяжнасць пералёта вызначана „астраномамі Кембрыджскай абсерваторыі“ у 97 гадзін 13 мінут 20 секунд, г. зн. у 4 з лішнім сутак, замест 7 сутак. Жуль Верн памыліўся не трое сутак. Памылка выклікана тым, што раманіст (або асоба, якая рабіла для яго разлікі) пераменшыў час падання ядра ад нейтральнага пункта да Месяца: ён вызначаны ўсяго ў 13 гадзін 53 мінуты, між тым як гэта паданне павінна было адбыцца значна больш павольна і заняць 67 гадзін.

Калі цела падае без пачатковай скорасці з вельмі вялікай адлегласці H не да цэнтра прыцяжэння, а да некаторай адлегласці h, дык працяжнасць t (у секундах) такога падання вылічаецца паводле наступнай формулы, якая выводзіцца ў курсах інтэгральнага вылічэння:

$$t = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{H}{2a}}\left\{\sqrt{h(H-h)} + H \arcsin\sqrt{\frac{H-h}{H}}\right\} \qquad (1)$$

Тут H і h маюць указаныя вышэй значэнні, R—радыус планеты, a—паскарэнне цяжару на яе паверхні. Паводле гэтай формулы вылічаецца таксама працяжнасць узлёта цела ад адлегласці h да адлегласці H, дзе яно павінна страціць усю сваю скорасць.

Для прыклада вылічым працяжнасць узлёта цела, якое кінута з земнай паверхні на вышыню земнага радыуса. У гэтым выпадку $H = 2R$; $h = R$; $a = g = 9{,}8$ *м*; $R = 6370$ *км*.

Маем працяжнасць узлёта:

$$t = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{2R}{2g}}\left\{\sqrt{R(2R-R)} + 2R \arcsin\sqrt{\frac{R}{2R}}\right\} =$$

$$= \sqrt{\frac{R}{g}}\,(1 + 2 \times 0{,}7854) = 2072 \text{ сек.} = 34{,}5 \text{ мін.}$$

Значыць ракета, якая пушчана ўгару на адлегласць земнага радыуса, павінна звярнуцца праз 69 мінут.

3. Дынаміка ракеты.

Для разумення далейшага неабходна выразна ўсвядоміць сабе некаторыя тэарэмы механікі, якія адносяцца да колькасці „руху" і да „цэнтра цяжару". Прадпасылаем у звязку з гэтым нашаму ўкладанню невялікі раздзел з „Курса фізікі" Грымзеля, дзе палажэнні гэтыя растлумачаны вельмі навочна і з дастатковай паўнатой.

Імпульс. Колькасць руху. Захаванне руху цэнтра цяжару

Сіла P надае свабоднай масе m паскарэнне a, якое вызначаецца з раўнання $P = ma$. Калі сіла P пастаянная, дык і паскарэнне пастаяннае, г. зн. рух—роўнамерна паскораны. Калі пастаянная сіла P дзейнічае на масу m у працягу часу t, дык яна надае ёй скорасць $v = at$. Каб ацаніць дзеянне сілы P за час t, мы памножым выражэнне сілы $P = ma$ на t. Мы атрымаем роўнасць $P \cdot t = m \cdot v$.

„Здабытак $P \cdot t$ называецца імпульсам[1]) сілы P за час t. Здабытак $m \cdot v$ называецца колькасцю руху масы m, якая рухаецца са скорасцю v. Імпульс сілы раўняецца колькасці руху масы, якая прыведзена ў рух гэтай сілай".

„Калі дзейнічае сіла пераменная, дык, строга кажучы, гэты закон можна прыстасоўваць толькі да малых прамежкаў часу Δt, у працягу якіх сілу можна лічыць нязменнай. Тады папярэдняя роўнасць набывае выгляд:

$$P \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v.$$

Паняцце імпульса і колькасці руху пастаянна ўжываюцца ў выпадках, калі праяўляюцца дзеянне і супроцьдзеянне.

„Прыкладам практычнага ўжывання гэтых паняццяў можа служыць балістычны маятнік, які ўжываецца для вымярэння скорасці знарада. Ён складаецца з вялікай, але падатнай масы M (напрыклад, скрынкі з пяском), якая падвешана на стрыжні, што можа вярцецца вакол некаторай восі (рыс. 50). У маятнік страляюць знарадам, які мае масу m; знарад уваходзіць у пясок і надае агульнай масе $M + m$ некаторую скорасць. Маятнік адхіляецца, і вышыню яго пад'ёма h вымяраюць. Па вышыні пад'ёма вылічаюць пачатковую скорасць маятніка $v_1 = \sqrt{2gh}$. Колькасць руху, якая набыта маятнікам (управа) ёсць mv_1; колькасць руху, якая набыта знарадам улева (або страчаная ім, пры лічэнні ўправа) раўняецца:

$$mv - mv_1,$$

або

$$m(v - v_1).$$

Выходзіць,

$$Mv_1 = m(v - v_1)$$

або

$$Mv = (M + m)v_1.$$

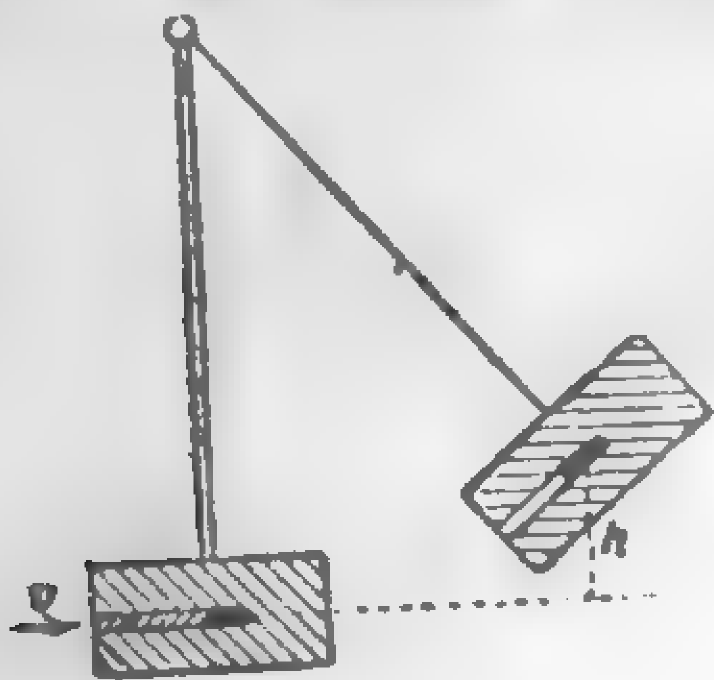
Адсюль можна вылічыць v.

---

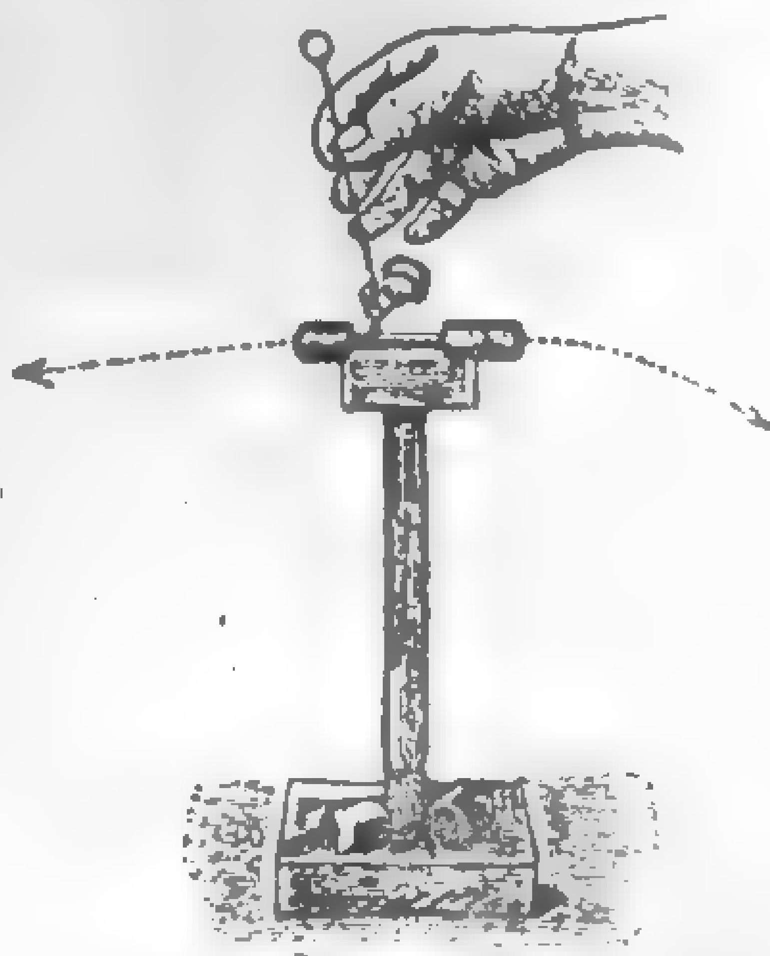
[1]) Другая назва—націск.—*Я. П.*

„У левай частцы апошняга раўнання (Mv) стаіць колькасць руху ўсяе сістэмы (маятнік і знарад) да стрэла, у правай частцы— колькасць руху сістэмы пасля стрэла. Такім чынам колькасць руху сістэмы не змяняецца, калі толькі ў гэту сістэму ўключаны ўсе ўзаемадзейныя целы. Такая сістэма называецца **з а м к н у т а й**. Значыць, у замкнутай сістэме колькасць руху застаецца нязменнай, якія-б працэсы ўнутры яе не адбываліся. Гэта **з а к о н з а х а в а н н я к о л ь к а с ц і р у х у**.

„Другі прыклад становіць сабою паказаны на рыс. 51 двубокі пісталет. На штатыве гарызантальна ляжыць медная трубка, на адзін канец якой навінчаны масіўны металічны цыліндр. Другі такі-ж самы цыліндр мае насадку, якая шчыльна ўваходзіць у трубку,



Рыс. 50. Балістычны маятнік.



Рыс. 51. Двубокі пісталет.

У трубцы зроблена адтуліна для падпальвання з палічкай для пораху. Насыпаўшы на палічку і ў трубку крыху пораху, устаўляюць знарад і кладуць пісталет на штатыў. Потым пры дапамозе распаленага дрота падпальваюць порах, насыпаны на палічку; порах у трубцы ўзрываецца,—абодва цыліндры з насадкамі набываюць паскарэнне ў супроцьлежныя бакі і ўпадуць на стол на аднолькавых адлегласцях ад штатыва. Дзеянне ўзрыва аднолькава ў абодва бакі і надае абодвум цыліндрам аднолькавыя скорасці.

„Паўтараюць дослед з **р о з н ы м і** масамі. Няхай, цыліндр, які замацованы з трубачкай, важыць 50 г, а той, што ў яе ўстаўляецца, 100 г. Пасля ўзрыва першы адлятае ўдвая далей за другі, хоць ціск узрыўных газаў у абодва бакі аднолькавы.

„У якіх-бы адносінах не знаходзіліся знарады, заўсёды пачатковыя скорасці знарадаў адваротна прапарцыянальны іх масам і, значыць, здабыткі мас знарадаў на пачатковыя скорасці аднолькавыя.

„Рух знарадаў можна вызначыць такім правілам: калі да ўзрыва ўвесь пісталет быў у роўнавазе адносна некаторай восі вярчэння, дык гэта роўнавага захоўваецца ў кожны момант пасля ўзрыва,

прычым шлях абодвух знарадаў разглядаецца, як невагомы дрот, што ў ім злучае, а ўся сістэма—як вагар.

„Сапраўды, гарызантальныя адлегласці абодвух знарадаў ад восі вярчэння ў кожны момант руху адваротна прапарцыянальны адпаведным масам, а гэта адпавядае ўмове роўнавагі вагара. Выабражальная вось заўсёды праходзіць з гэтай прычыны праз цэнтр цяжару абодвух частак пісталета, так што палажэнне цэнтра цяжару застаецца нязменным (закон захавання цэнтра цяжару). Закон гэты справядлівы і для таго выпадку, калі пісталет перад узрывам не быў у спакоі, а рухаўся з пастаяннай скорасцю. У гэтым выпадку пасля ўзрыва яго часткі рухаюцца так, што іх агульны цэнтр цяжару працягвае свой ранейшы рух з той-жа скорасцю (захаванне руху цэнтра цяжару). Тое-ж самае будзе, зразумела, пры распадзе на некалькі частак,—напрыклад, пры руху асколкаў гранаты, якая разарвалася, або адломкаў касмічных цел, якія распаліся".

Рух ракеты.

Разгледзім цяпер рух ракеты—спачатку ў асяроддзі, якое свабодна ад цяжару, а потым—ва ўмовах цяжару.

а) У асяроддзі без цяжару.

З прычыны фундаментальнага значэння „раўнання ракеты" для ўсёй тэорыі зоркаплавання, падаем далей два яе вывады: адзін элементарны, для незнаёмых з вышэйшай матэматыкай, і другі—больш строгі з ужываннем інтэгральнага вылічэння.

Няхай першапачатковая маса ракеты, якая знаходзіцца ў спакоі, раўняецца M_i. Заменім неперарыўнае выцяканне газу з трубы радам паслядоўных штуршкоў; за кожным штуршком выцякае $\frac{1}{n}$ масы M_i ракеты з скорасцю c. Пасля першага штуршка маса ракеты памяншаецца да

$$M_1 = M_i - \frac{M_i}{n} = M_i\left(1 - \frac{1}{n}\right);$$

пасля другога штуршка астатняя маса ракеты раўняецца

$$M_2 = M_i\left(1 - \frac{1}{n}\right) \times \left(1 - \frac{1}{n}\right) = M_i\left(1 - \frac{1}{n}\right)^2;$$

пасля трэцяга штуршка —

$$M_3 = M_i\left(1 - \frac{1}{n}\right)^3,$$

а пасля k-га —

$$M_k = M_i\left(1 - \frac{1}{n}\right)^k.$$

Скорасць v_1, якая набываецца ракетай пасля першага штуршка, лёгка вылічыць, выходзячы з таго, што агульная колькасць руху ўсіх частак ракеты перад і пасля раз'яднання аднолькава, г. зн. раўняецца нулю:

$$M_i\left(1-\frac{1}{n}\right)\times v_1+\frac{M_i}{n}\times c=0,$$

адкуль

$$v_1=-\frac{c}{n-1}.$$

Скорасць v_2 пасля другога штуршка можна лічыць роўнай $2v_1$, г. зн. $-\frac{2c}{n-1}$, а пасля k-га штуршка $v_k=-\frac{kc}{n-1}$, адкуль

$$k=-\frac{v(n-1)}{c}.$$

Падставіўшы гэты выраз для k у формулу

$$M_k=M_i\left(1-\frac{1}{n}\right)^k,$$

атрымліваем

$$M_k=M_i\left(1-\frac{1}{n}\right)^{\frac{v(n-1)}{c}}.$$

Знак мінус перад паказальнікам ступені мы не ўлічылі, бо ён азначае тут толькі кірунак скорасці, які нам вядомы. Ператвараем апошні выраз

$$M_k=M_i\left\{\left(1-\frac{1}{n}\right)^{n-1}\right\}^{\frac{v}{c}}=M_0\left\{\left(\frac{1}{1+\frac{1}{n}}\right)^{n-1}\right\}^{\frac{v}{c}},$$

таму што

$$1-\frac{1}{n}\approx\frac{1}{1+\frac{1}{n}}.$$

Выраз:

$$\frac{1}{\left(1+\frac{1}{n}\right)^{n-1}}$$

пры бесканечна вялікім n (г. зн. пры пераходзе ад штуршкоў да непарарыўнага выцякання газу) раўняецца, як вядома,—

$$\frac{1}{e},\ \text{дзе}\ e=2{,}718...$$

Тады ператвораны выраз набывае выгляд:

$$M_k = M_i \left(\frac{1}{e}\right)^{\frac{v}{c}},$$

адкуль атрымліваем раўнанне ракеты:

$$\frac{M_i}{M_k} = e^{\frac{v}{c}}$$

Укажам цяпер больш строгі вывад таго-ж асноўнага раўнання. Абазначым масу ракеты ў некаторы момант праз M, і дапусцім, што да гарэння ракета была нерухомай. У выніку гарэння ракета адкідае бесканечна малую частку dM сваёй масы з пастаяннай скорасцю c. Пры гэтым астатняя частка масы ракеты $(M - dM)$ атрымлівае некаторы бесканечны малы дадатак скорасці dv. Сума колькасцяй руху абодвух частак ракеты павінна быць, паводле законаў механікі (гл. вышэй), тая-ж, што і да гарэння, г. зн. павінна раўняцца нулю:

$$cdM + (M - dM)\,dv = 0$$

або, пасля раскрыцця дужак,

$$cdM + Mdv - dMdv = 0.$$

Адкінуўшы член $dMdv$, як бесканечна малую другога парадку (здабытак двух бесканечных малых велічынь), маем раўнанне:

$$cdM + Mdv = 0,$$

якое прадстаўляем у выглядзе

$$\frac{dv}{c} = -\frac{dM}{M}.$$

Інтэгруючы гэта дыферэнцыяльнае раўнанне, атрымліваем:

$$\frac{v}{c} = \lg M_i - \lg M_k = \lg \frac{M_i}{M_k},$$

або

$$\boxed{e^{\frac{v}{c}} = \frac{M_i}{M_k}} \qquad (2)$$

Мы прышлі да раўнання ракеты, або да „другой тэарэмы Цыалкоўскага“, якую ён фармулюе так:

„У асяроддзі без цяжару канчатковая скорасць (v) ракеты незалежыць ад сілы і парадку ўзрывання, а толькі ад колькасці ўзрыўнага матар'яла (у адносінах да масы ракеты) і ад пабудовы ўзрыўнай трубы“.

Пры ўсіх гэтых вылічэннях не ўлічвалася земнае прыцяжэнне, уплыў якога мы зараз сцісла разгледзім.

в) Рух ракеты ва ўмовах цяжару.

Паскарэнне a, якое набываецца ракетай пры проставесным пад'ёме з Зямлі, раўняецца, відавочна, розніцы між уласным паскарэннем ракеты p і паскарэннем земнага цяжару q:

$$a = p - q.$$

З прычыны таго што набытая пры гэтым ракетай канчатковая скорасць $v_1 = at$, дык працяжнасць гарэння раўняецца $\frac{v_1}{a}$, г. зн.

$$t = \frac{v_1}{p - g}.$$

З гэтай роўнасці і з суадносін $v = pt$ мы выводзім, што пры адвольнай працяжнасці гарэння ($t = t_1$):

$$v = pt = p \cdot \frac{v_1}{p - g} = v_1 \cdot \frac{p}{p - g},$$

адкуль

$$v_1 = v \cdot \frac{p - g}{p} = v\left(1 - \frac{g}{p}\right).$$

Значыць

$$\boxed{v_1 = v - v\frac{g}{p}} \qquad (3)$$

Г. зн.: канчатковая скорасць ракеты ў асяроддзі цяжару меншая чым у асяроддзі без цяжару на такую-ж частку, якую паскарэнне (g) цяжару складае ад уласнага паскарэння (p) ракеты.

Далей, ведаючы з папярэдняга, што ў асяроддзі бяз цяжару

$$v = c\ln\frac{M_i}{M_k},$$

атрымліваем, што канчатковая скорасць v_1 ракеты ў асяроддзі цяжару

$$v_1 = \left(1 - \frac{g}{p}\right) c\ln\frac{M_i}{M_k} \qquad (4)$$

або

$$e^{\frac{v_1}{c}} = \frac{M_i}{M_k}^{\left(1 - \frac{g}{p}\right)} \qquad (5)$$

Формула (5) дазваляе вылічаць канчатковую скорасць, якая набываецца ракетай у полі цегацення, калі вядомы адносіны $\frac{M_i}{M_k}$ мас набітай і ненабітай ракеты і яе ўласнае паскарэнне p. Гэта апошняе,

мы ведаем, не павінна перавышаць 4-кратнага паскарэння земнага цяжару, каб быць няшкодным для чалавечага арганізма. Пры $p=4g$ маем:

$$e^{\frac{v_1}{c}}=\left(\frac{M_i}{M_k}\right)^{\frac{3}{4}}.$$

Формулы гэтыя не прымаюць, зразумела, у разлік супраціўлення паветра.

Карыснае дзеянне свабоднай ракеты і ракетнага экіпажа.

Падлічым, якую частку энергіі спажывальнага гаручага ракета пераводзіць у карысную механічную работу.

Абазначым, як раней, масу свабоднай ракеты да ўзрывання праз M_i, пасля ўжывання—праз M_k; маса зрасходванага гаручага выразіцца тады праз $M_i - M_k$ скорасць выцякання газу c. Жывая сіла выцякаючых газаў, г. зн. кінетычная энэргія раўняецца:

$$\frac{1}{2}\left(M_i - M_k\right)c^2.$$

Кінетычная-ж энергія ракеты пры скорасці v раўняецца

$$\frac{1}{2}M_k v^2.$$

Адносіны другой велічыні да першай і ёсць каэфіцыент k карыснага дзеяння свабоднай ракеты:

$$k=\frac{1}{2}M_k v^2:\frac{1}{2}\left(M_i - M_k\right)c^2=\frac{M_k}{M_i - M_k}\cdot\frac{v^2}{c^2}$$

або

$$k=\frac{\left(\frac{v}{c}\right)^2}{\frac{M_i}{M_k}-1}. \qquad (6)$$

З формулы (2) маем, што

$$\frac{M_i}{M_k}-1=e^{\frac{v}{c}}-1.$$

Значыць у асяроддзі без цяжару карыснага дзеяння ракеты:

$$\boxed{k=\frac{\left(\frac{v}{c}\right)^2}{e^{\frac{v}{c}}-1}} \qquad (7)$$

Яно дасягае найбольшай велічыні пры $\frac{v}{c}=1{,}6$ і раўняецца тады 65 проц.

Калі $\frac{v}{c}$ невялікае, можна формулу (7) спрасціць, выходзячы з таго, што

$$e^{\frac{v}{c}} = 1 + \frac{v}{c} + \frac{1}{2}\cdot\frac{v^2}{c^2} + \ldots$$

Тады

$$k = \frac{\left(\frac{v}{c}\right)^2}{\frac{v}{c} + \frac{1}{2}\cdot\frac{v^2}{c^3}} = \frac{1}{\frac{c}{v} + \frac{1}{2}}. \quad (8)$$

У асяроддзі цяжару выраз для k больш складаны; для выпадку вертыкальнага пад'ёма яго няцяжка вывесці, падставіўшы ў формулу (6) адпаведнае значэнне $\frac{M_i}{M_k}$ з формулы (5).

Інакш выразіцца каэфіцыент k карыснага дзеяння ракетнага экіпажа (наогул—несвабоднай ракеты), дзе істотную ролю адыгрываюць такія перашкоды руху, як церце і супраціўленне паветра. Разгледзім выпадак роўнамернага руху аўтаракеты, г. зн. выпадак, калі работа ракет раўняецца рабоце супраціўленняў. З прычыны таго, што націск сілы раўняецца колькасці руху, дык, абазначаючы праз f сілу, якая выкідае прадукты ўзрыва (яна раўняецца сіле, што цягне аўтамабіль), а праз t—працяжнасць руху, маем

$$ft = (M_i - M_k)\,c,$$

дзе M_i —маса аўтамабіля да ўзрывання, M_k—яго маса пасля ўзрывання, c—скорасць выцякання газу. Для зручнасці абазначым $M_i - M_k$, г. зн. запас гаручага, праз Q.

Тады:

$$f = \frac{Qc}{t}.$$

Карысная-ж работа аўтамабіля раўняецца:

$$fs = \frac{Qc}{t}\cdot vt = Qcv,$$

бо шлях $s = vt$, дзе v—скорасць аўтамабіля.

Энергія, затрачаная пры гэтым, складаецца з двух частак:

1) з той, якая была зрасходвана на прывядзенне гаручага ў роўнамерны рух са скорасцю v, гэта частка раўняецца $\frac{1}{2}Qv^2$;

2) з той, якая расходваецца на паданне часцінкам газаў, якія адкідаюцца, скорасці c; частка гэта $= {}^1/_2 Qc^2$. Уся затрачаная энергія раўняецца:

$$\frac{1}{2}Qv^2 + \frac{1}{2}Qc^2.$$

Адсюль шуканае карыснае дзеянне

$$k = \frac{Qcv}{\frac{1}{2}Qv^2 + \frac{1}{2}Qc^2} = \frac{2\frac{v}{c}}{1+\frac{v^2}{c^2}}. \qquad (9)$$

Яно дасягае найбольшай велічыні пры $v = c$, г. зн. калі аўтамабіль рухаецца са скорасцю выцякання прадуктаў узрыва.

Паводле гэтай формулы лёгка вылічыць карыснае дзеянне ракетнага аўтамабіля; напрыклад для $c = 2000$ *м* за секунду, і $v =$ 200 *км* за гадзіну $=$ 55 *м* за секунду:

$$k = 5{,}5 \text{ проц.}$$

Каб спрачацца ў эканамічнасці са звычайным аўтамабілем, карыснае дзеянне якога каля 20 проц., аўтаракета павінна ўладаць скорасцю не ніжэй як 760 *км* за гадзіну. Але падобная скорасць для экіпажа на колах недапушчальна, бо супрэжана з небяспекай разрыву бандажоў кол адцэнтравым эфектам.

4. Пачатковая скорасць і працягласць пералётаў.

Пачатковая скорасць.

Чытачы пажадаюць, мабыць, даведацца, як вылічаецца скорасць, з якою цела павінна пакінуць планету, каб перамагчы сілу яе прыцяжэння. Вылічэнне аснована на законе захавання энергіі. Цела павінна атрымаць пры ўзлёце запас кінетычнай энергіі, які раўняецца той рабоце, што яму належыць выканаць. Калі маса цела m, а шуканая скорасць v, дык кінетычная энергія („жывая сіла“) цела ў момант узлёта

$$\frac{mv^2}{2}.$$

Работа-ж, якая ўтвараецца целам пры перамяшчэнні з паверхні планеты ў бесканечнасць (пры адсутнасці іншых цэнтраў прыцяжэння), раўняецца,—як устанаўляе нябесная механіка,

$$-\frac{kmM}{R},$$

дзе M—маса планеты, R—яе радыус, а k—так званая пастаянная цегацення[1]). Абсалютную велічыню гэтай работы прыраўноўваем да запасу кінетычнай энергіі:

$$\frac{kMm}{R} = \frac{mv^2}{2},$$

---

[1]) Гл. дадатак першы.

адкуль

$$v^2=\frac{2kM}{R}.$$

Далей, мы ведаем, што вага цела на паверхні планеты, г. зн. сіла, з якою планета яго прыцягвае, раўняецца, паводле закона цегацення:

$$\frac{Mkm}{R^2},$$

калі маса цела m. Механіка дасць нам таксама і другі выраз для вагі—адабытак масы на паскарэнне, ma.
Значыць

$$ma=\frac{kmM}{R^2},$$

адкуль

$$\frac{kM}{R}=aR$$

і значыць формула

$$v^2=\frac{2kM}{R}$$

набывае выгляд:

$$v^2=2aR,$$

адкуль

$$\boxed{v=\sqrt{2aR}} \qquad (10)$$

Падстаўляючы замест a—паскарэнне цяжару на планеце, а замест R—радыус, атрымліваем велічыню скорасці, з якою цела назаўсёды пакідае планету. Напрыклад, для Месяца a=1,62 *м*, R = 1 740 000 *м*. Таму шуканая скорасць

$$v=\sqrt{2\times 1{,}62\times 1740000}=2{,}38 \text{ км за сек.}$$

На тым-жа можна аснаваць вылічэнне начатковай скорасці ядра або ракеты, якія, пакінуўшы Зямлю, павінны даляцець да пункта роўнага прыцяжэння між Зямлёй і Месяцам. Маса Зямлі ў 81 раз большая за масу Месяца, а з прычыны таго, што сіла прыцяжэння памяншаецца прапарцыянальна квадрату аддалення, дык прыцяжэнне Зямлі і Месяца раўнуюцца на адлегласці ад Зямлі, у 9 раз большай, чым ад Месяца (тады прыцяжэнне Зямлі а слабее ў 9×9; г. зн. у 81 раз больш, чым прыцяжэнне Месяца). Значыць, пункт роўнага прыцяжэння ляжыць у 0,9 адлегласці між Зямлёй і Месяцам, апошняе раўняецца 60,3 радыуса R земнага шара, так што ядро павінна праляцець адлегласць $D = 0{,}9 \times 60{,}3\,R = 54{,}3\,R$. Абазначыўшы шуканую скорасць, з якой цела павінна пакінуць Зямлю, праз v, маем для кінетычнай энергіі цела ў момант вылёта $\frac{mv^2}{2}$, дзе m—маса цела. Выкананая-ж гэтым целам работа, паводле за-

конаў нябеснай механікі, раўняецца страчанай патэнцыяльнай энергіі, г. зн. розніцы патэнцыяльнай энергіі E_1 і E у канечным і пачатковым пунктах шляху.

Таму

$$\frac{mv^2}{2} = E_1 - E.$$

Тут E_1 ёсць патэнцыяльная энергія цела ў канечным пункце шляху ў адносінах да Зямлі і да Месяца. Першая частка патэнцыяльнай энергіі раўняецца:

$$-\frac{kmM}{D},$$

дзе k—пастаянная цягацення; M—маса зямлі, m—маса кінутага цела, D—адлегласць цела ад цэнтра Зямлі ў канечным пункце шляху.

Другая частка раўняецца патэнцыяльнай энергіі (у адносінах да Месяца):

$$-\frac{kmM_1}{d},$$

дзе k і m маюць ранейшыя значэнні, M_1—маса Месяца, d—адлегласць цела ад цэнтра Месяца ў канечным пункце шляху.

Велічыня E ёсць патэнцыяльная энергія цела (у пункце земнай паверхні) у адносінах да Зямлі і Месяца.

Яна раўняецца

$$-\frac{kmM}{R} - \frac{kmM_1}{L},$$

дзе R радыус Зямлі, L—адлегласць ад паверхні Зямлі да цэнтра Месяца, а k, m, M і M_1 маюць ренейшыя значэнні.

Значыць,

$$\frac{mv^2}{2} = E_1 - E = \left(-\frac{kmM}{D} - \frac{kmM_1}{d}\right) - \left(-\frac{kmM}{R} - \frac{kmM_1}{L}\right),$$

або

$$\frac{v^2}{2} = \frac{kM}{R} + \frac{kM_1}{L} - \frac{kM}{D} - \frac{kM_1}{d}.$$

Падставім: $M_1 = 0{,}012\,M$, $D = 54{,}3\,R$,
$L = 59{,}3R$ $d = R$.

Маем:

$$\frac{v^2}{2} = \frac{kM}{R} + \frac{k\cdot 0{,}012M}{59{,}3R} - \frac{kM}{54{,}3R} - \frac{k\cdot 0{,}012M}{6R},$$

або

$$\frac{v^2}{2} = 0{,}98\cdot\frac{kM}{R} = 0{,}98gR.$$

Адкуль

$$v=\sqrt{1{,}96\,gR}.$$

Вядома, што

$$g=9{,}8\ м$$
$$R=6370\ км$$

Зрабіўшы вылічэнні, атрымаем шуканую скорасць

$$v=1107\,000\ см=11{,}07\ км.$$

Паказаным спосабам можна вылічыць скорасць і ў іншых падобных выпадках. Напрыклад, для вызначэння скорасці ракеты, якая ўзлятае з Месяца ў кірунку да Зямлі, маем раўнанне:

$$\frac{mv^2}{2}=\frac{kMm}{54R}+\frac{kM_1m}{6R}-\frac{kMm}{60R}-\frac{kM_1m}{0{,}27R}.$$

Тут мяркуецца, зразумела, што ракета павінна дасягнуць толькі пункта роўнага прыцяжэння, адкуль пачнецца паданне на Зямлю. Ведаючы, што маса M_1 Месяца $=\frac{M}{81}$, дзе M—маса Зямлі, маем (пасля скарачэння на m):

$$\frac{v^2}{2}=\frac{kM}{54R}+\frac{kM}{486R}-\frac{kM}{60R}-\frac{kM}{22R}=\frac{gR}{54}+\frac{gR}{486}-\frac{gR}{60}-\frac{gR}{22}.$$

Адкуль $v=2{,}27$ *км*,—на сотню метраў меней, чым скорасць, якая вылічана вышэй без уліку прыцяжэння Зямлі. З такой-жа скорасцю павінна ўдарыцца аб глебу Месяца цела, якое падае на Месяц з пункта роўнага прыцяжэння, маючы Зямлю ззаду ў сябе.

Так робіцца разлік пачатковай скорасці для артылерыйскага знарада, скорасці, якая мае максімальнае значэнне на земнай паверхні. У выпадку ракеты скорасць на ўзроўні земнай паверхі раўняецца нулю і паступова расце ў меру ўзлёта ракеты, пакуль не спыніцца гарэнне набою. Значыць, максімальную сваю скорасць ракета набывае на некаторай вышыні над зямлёю, дзе напружанне цяжару натуральна меншае, чым на ўзроўні мора. Таму максімальная скорасць, якая нясе ракету ў міжпланетавы палёт, меншая, чым для гарматнага знарада. Вылічым яе, зрабіўшы прадпасылку, што ракета ляціць з паскарэннем, якое роўна патроенаму паскарэнню земнага цяжару.

Абазначым вышыню, на якой ракета набывае максімальную скорасць v, праз x. Вядома, што $v^2=2\cdot 3g\cdot x=6gx$.

Патэнцыяльная энергія адзінкі масы рэкеты на ўзроўні x раўняецца, згодна папярэдняму:

$$\frac{gR^2}{R+x}.$$

Патэнцыяльная энергія той-жа адзінкі масы на вышыні 54,3R (у пункце роўнага прыцяжэння) выражаецца сумай.

$$\frac{gR^2}{54,3R}+\frac{0,16g\cdot(0,27R)^2}{6R}=0,0204gR.$$

Страта потэнцыяльнай энергіі пры перамяшчэнні ракеты з узроўня x на ўзровень 54,3 R складае

$$\frac{gR^2}{R+x}-0,0204gR$$

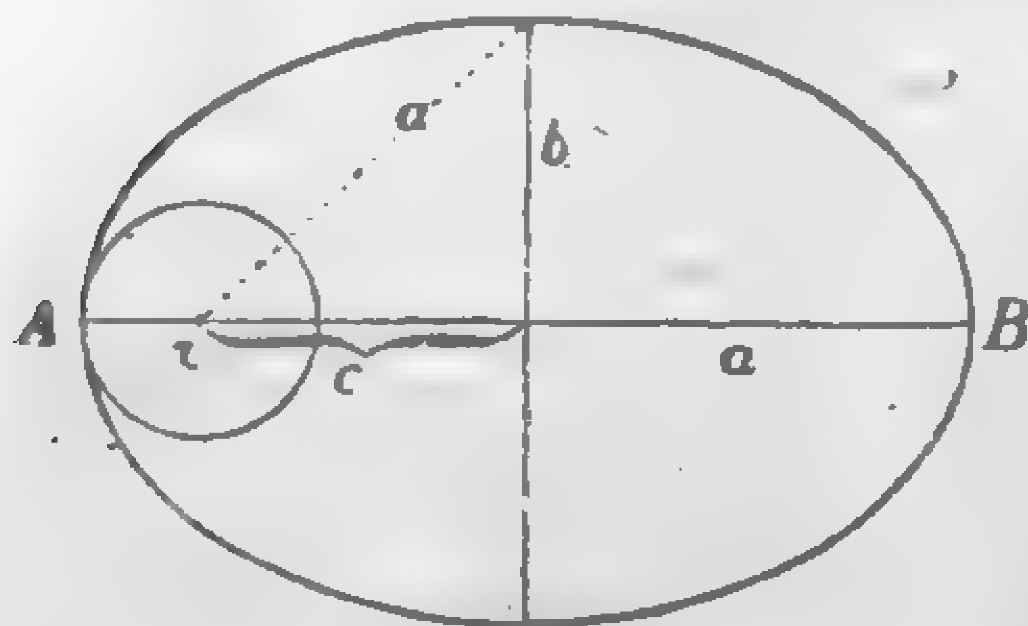
і павінна, мы ведаем, раўняцца кінетычнай энергіі адзінкі масы ракеты, г. зн. $\frac{1}{2}v^2$, або $3gx$. Маем раўнанне

$$\frac{gR^2}{R+x}-0,0204gR=3gX,$$

адкуль $x=0,2616$, $R=0,2616\cdot6370=1666$ кіламетраў.

Цяпер з раўнання $v^2=6gx$, знаходзім $v=9750$ метраў.

Выходзіць, ракета, якая проставесна накіроўваецца да Месяца, дасягае найбольшай сваёй скорасці $9\frac{3}{4}$ *км* — далёка за межамі земнай атмасферы. Лік секунд t, у працягу якіх назапашваецца гэта скорасць, вызначаецца з раўнання $9750=3\cdot9,8\ t$, адкуль $t=321$ секундзе. Можна вылічыць, што пад дзеяннем земнага цяжару ракета страціць $321\times7,76=2490$ *м* сваёй секунднай скорасці (7,76—сярэдняя велічыня паскарэння цяжару на працягу 1666 *км* ад земнай паверхні). У канечным выніку запас энергіі, якім трэба забяспечыць ракету для проставеснага палёта на Месяц, павінен адказваць скорасці $9750+2490=12240$ *м* за секунду.



Рыс. 52. Да разліку скорасці адлёта.

Падобным-жа чынам можна ўстанавіць, што пры проставесным пад'ёме ракеты з Месяца яна набывае максімальную скорасць (2300 *м*/сек). на вышыні 90 *км*, пасля 76 секунд пад'ёма. І наадварот: падаючы ад пункта роўнага прыцяжэння на паверхню Месяца, ракета павінна пачаць замаруджванне палёта на вышыні 90 *км*, каб пры паскарэнні (адмоўным) $3g$ звесці сваю скорасць у 2300 метраў да нуля.

Вылічаючы скорасць, з якою цела павінна пакінуць Зямлю для аддалення ў бесканечнасць, мы лічылі, што Зямля—адзіны цэнтр, прыцяжэнне якога цела павінна пры гэтым перамагчы. Сапраўды-ж даводзіцца лічыцца таксама і з прыцяжэннем Сонца. Каб улічыць

гэту акалічнасць, установім спачатку залежнасць між скорасцю цела на арбіце і іншымі велічынямі.

Паводле другога закона Кеплера, плошчы, якія апісваюцца радыусам-вектарам за роўныя прамежкі часу, роўныя. Няхай цела (планета) рухаецца вакол Сонца па эліпсе з паўвосямі a і b; перыяд абарачэння T секунд, секундная скорасць v, радыус-вектар—r; тады маем роўнасць

$$\frac{vr}{2}=\frac{\pi ab}{T},$$

дзе левая частка ёсць выраз (набліжаны) для плошчы, якая апісваецца радыусам вектарам за адну секунду, а πab—плошчы за T сек., радыус-вектар—r; тады маем роўнасць:

$$v=\frac{2\pi ab}{rT} \qquad (11)$$

Няхай цяпер цела (зоркалёт, планета), якое рухаецца вакол Сонца, па кругавой арбіце радыуса r, павінна перайсці ў пункце A свайго шляху на эліптычную арбіту з паўвосямі a і b. Вызначым, якая для гэтага неабходна змена скорасці.

З трэцяга закона Кеплера вынікае, што адносіны квадрата перыяда абарачэння планеты да куба яе сярэдняй адлегласці ад Сонца (або вялікай паўвосі) ёсць велічыня пастаянная; для планет сонечнай сістэмы гэтая пастаянная раўняецца (у адзінках сістэмы *см-г-сек*).

$$\frac{T^2}{r^3}=3\cdot 10^{-25},$$

адкуль

$$T=\sqrt{3\cdot 10^{-25}r^3}=5{,}47\cdot 10^{-13}\sqrt{r^3}.$$

Адсюль маем скорасць $v_к$ кругавога руху каля Сонца на адлегласці r:

$$v_к=\frac{2\pi r}{T}=\frac{1.15\cdot 10^{13}}{\sqrt{r}}. \qquad (12)$$

Звяртаючыся да эліптычнай арбіты, маем (рыс. 52) перш за ўсё

$$b=\sqrt{(a^2-c^2)}=\sqrt{(a-c)(a+c)}=\sqrt{r(2a-r)}.$$

З формулы (11) мы ведаем, што скорасць $v_э$ руху па эліптычнай арбіце ў пункце A

$$v_э=\frac{2\pi ab}{rT}=\frac{2\pi a}{T}\cdot\frac{b}{r}=\frac{1{,}15\cdot 10^{13}}{\sqrt{a}}\cdot\frac{b}{r}=$$

$$=\frac{1{,}15\cdot 10^{13}}{\sqrt{a}}\cdot\frac{\sqrt{r(2a-r)}}{r}=\frac{1{,}15\cdot 10^{13}}{\sqrt{r}}\sqrt{2-\frac{r}{a}}. \qquad (13)$$

З прычыны таго, што скорасць v_k руху па круговой арбіце (12

$$v_k = \frac{1{,}15 \cdot 10^{13}}{\sqrt{r}},$$

дык з супастаўлення формул (13) і (12) маем

$$v_э = v_k \sqrt{2 - \frac{r}{a}} \qquad (14)$$

Паводле гэтай формулы і вылічаецца скорасць, якую неабходна надаць зоркалёту, каб з кругавой арбіты ён перайшоў на эліптычную або аддаліўся ў бесканечнасць. У апошнім выпадку лічым вялікую паўвось a эліпса за роўную бесканечнасці. Маем:

$$v_\infty = v_k \sqrt{2 - \frac{r}{\infty}} = v_k \sqrt{2},$$

г. зн. для аддалення зоркалёта з кругавой арбіты ў бесканечнасць неабходна, каб кругавая скорасць яго павялічылася ў $\sqrt{2}$ раз. Так для аддалення земнай арбіты (адпаведная скорасць 29,6 *км* за секунду) у бесканечнасць патрэбна скорасць

$$v_\infty = 29{,}6\sqrt{2} = 41{,}8,$$

г. зн. прырост скорасці $41{,}8 - 29{,}6 = 12{,}2$ *км* за секунду. Цяпер мы можам вылічыць скорасць, якая павінна быць надана зоркалёту для перамажэння прыцяжэння Зямлі і Сонца і, значыць, для свабоднага аддалення з Зямлі ў бесканечнасць. Каб перамагчы земнае прыцяжэнне, патрэбна пачатковая скорасць 11,2 *км* за секунду, г. зн. работа (жывая сіла) для кожнага *кг* вагі зоркалёта

$$\frac{11\,200^2}{2g} \text{ кг м}.$$

Каб перамагчы с о н е ч н а е п р ы ц я ж э н н е, патрэбна работа ($v = 12\,200$ *м* за сек.)

$$\frac{12\,200^2}{2g} \text{ кг м}.$$

Агульная работа для перамажэння сукупнага прыцяжэння Зямлі і Сонца раўняецца

$$\frac{11\,200^2 + 12\,200^2}{2g}.$$

Шуканая скорасць x атрымліваецца з раўнання

$$\frac{x^2}{2g} = \frac{11\,200^2 + 12\,200^2}{2g},$$

адкуль

$$x = \sqrt{11\,200^2 + 12\,200^2} = 16600 \text{ м за сек.}$$

Вылічым цяпер пачатковыя скорасці, якія неабходны для дасягнення планет— Марса і Венеры. Для Марса:

$$a=\frac{150\cdot10^6+228\cdot10^6}{2}=189\cdot10^6 \textit{ км}.$$

Таму з формулы (14) маем

$$v=29{,}6\sqrt{2-\frac{150}{189}}=32{,}6 \textit{ км за сек.}$$

г. зн. патрэбна дадатковая скорасць $32{,}6-29{,}6=3$ *км.*

Шуканая скорасць для перамажэння сукупнага прыцяжэння Зямлі і Сонца вылічаецца, як зараз было паказана:

$$v_м=\sqrt{11{,}2^2+3^2}=11{,}6 \textit{ км за сек.}$$

Такім-жа чынам вызначаем, што для дасягнення Венеры, патрэбна пачатковая скорасць, не меншая за

$$v_B=\sqrt{11{,}2^2+2{,}5^2}=11{,}4 \textit{ км за сек.}$$

Працяжнасць пералётаў.

П е р а л ё т н а В е н е р у. Працяжнасць гэтага пералёта, пры ўмове мінімальнай затраты гаручага, вызначыцца, калі будзе вядомы перыяд абарачэння выабражальнай планеты па эліпсе TV (рыс 53). Калі S—сонца, дык ST $150\cdot10^6$ *км*, $SV=108\cdot10^6$ *км*; сярэдняя адлегласць выабражальнай планеты ад Сонца $=$

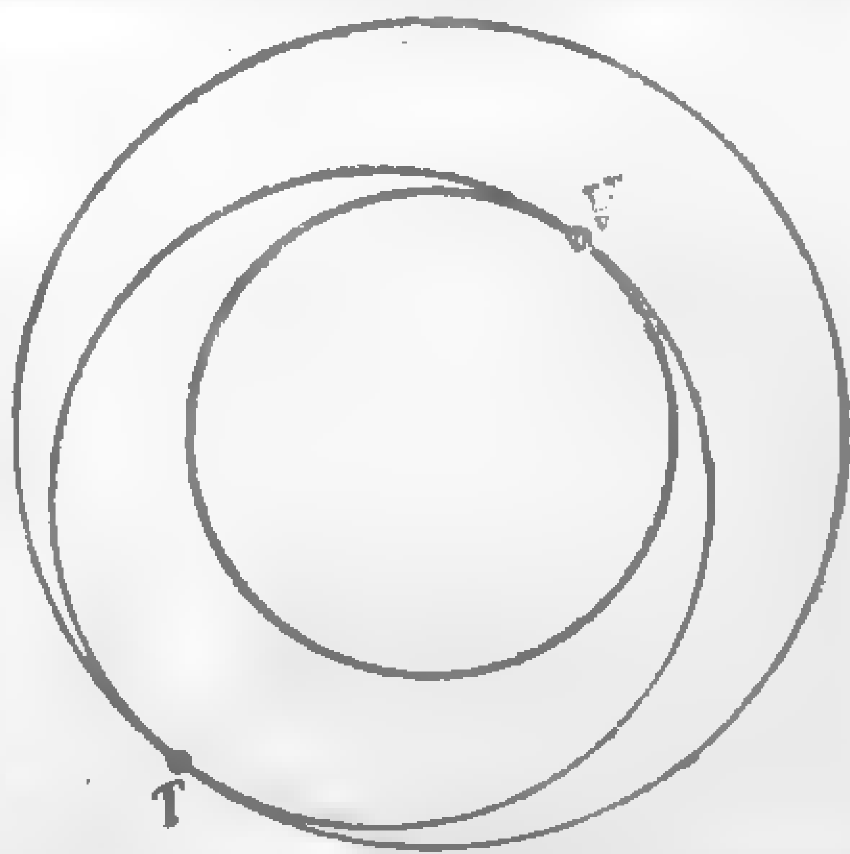
$$=\frac{1}{2}(150+108)\times10^6=129\times10^6 \textit{ км}$$

Згодна трэцяму закону Кеплера,

$$\frac{x}{225^2}=\frac{(125\cdot10^6)^3}{(108\cdot10^6)^3}=\frac{215}{126}=1{,}7,$$

дзе x—працяжнасьць абарачэння выабражальнай планеты, а 225 сутак—працяжнасцьабарачэння Венеры.

$$225\sqrt{1{,}7}=293 \text{ дні}.$$



Рыс. 53. Маршрут пералёта з Зямлі (T) на Венеру (V).

Значыць, палёт у адзін канец зойме 147 сутак.

П е р а л ё т н а М а р с. Час пералёта вызначаецца з прапорцыі:

$$\frac{y}{365{,}25}=\frac{\left[\frac{1}{2}(228+150)\right]^3}{150^3}=\frac{189^3}{150^3}=\frac{675}{338}=2\ .$$

Адкуль $y=5\ 9$ сутак.

Значыць, пералёт у адзін канец працягнецца 259 сутак.

5. Пазаземная станцыя.

Для разлікаў, якія сюды належаць, скарыстаем рыс. 59. Круг радыуса r няхай уяўляе земны шар, а эліпс—той шлях, па якім зоркалёт з пункта A земнай паверхні (экватара) далятае да кругавой арбіты штучнага спадарожніка.

Перш за ўсё вылічым, якавы павінен быць радыус кругавой арбіты (якая не паказана на рысунку) гэтага спадарожніка, каб час яго абарачэння раўняўся земным суткам. Дапасуем трэці закон Кеплера, ведаючы, што Месяц абыходзіць Зямлю за 27,3 сутак на адлегласці 60,3 земных радыусаў ад цэнтра Зямлі:

$$\frac{27{,}3^2}{1^2}=\frac{60{,}3^3}{x^3},$$

адкуль:

$$x=\sqrt[3]{\frac{60{,}3^3}{27{,}3^2}}=\frac{60{,}3}{9{,}06}=6{,}66\,.$$

Значыць, пазаземная станцыя павінна знаходзіцца на адлегласці 6,66 земных радыусаў ад цэнтра Зямлі, каб перыяд абарачэння раўняўся 24 гадзінам.

Скорасць, якую трэба надаць на Зямлі зоркалёту, каб ён дасягнуў арбіты такога штучнага спадарожніка, ёсць скорасць у пункце (A) эліпса (рыс. 52). Вылічаем яе паводле формулы (14):

$$v_A=v_k\sqrt{2-\frac{r}{3{,}83r}}=v_k\times 1{,}32\,.$$

Тут v_k—скорасць свабоднага кругавога абарачэння нябеснага цела вакол цэнтра Зямлі на адлегласці аднаго земнага радыуса, г. зн. 7,92 *км* за секунду. Выходзіць, шуканая скорасць v_A адлёта

$$v_A=7{,}92\times 1{,}32=10{,}5\ км\ ^{1}).$$

З якой скорасцю зоркалёт дасягне арбіты штучнага спадарожніка? Іншымі словамі: якава скорасць у пункце B эліпса, які супроцьляжыць пункту A? Знаходзім яе, карыстаючыся другім законам Кеплера; з прычыны таго што плошчы, якія апісваюцца радыусамі-вектарамі за адну секунду, роўныя, дык

$$10{,}5\times r=x\times 6{,}66\,r,$$

адкуль

$$x=\frac{10{,}5}{6{,}66}=1{,}6\ км.$$

Параўнаем яе са скорасцю руху пазаземнай станцыі па сваёй кругавой арбіце; апошняя скорасць, відавочна, у 6,66 раз большая за скорасць руху пунктаў земнага экватара (0,465 *км*);

$$0{,}465\times 6{,}66=3{,}1\ км.$$

---

[1]) Строга кажучы, крыху меней, калі скарыстаць сутказы рух пунктаў экватара.

Значыць, зоркалёту патрэбна будзе яшчэ дадатковая скорасць у 3,1—1,6 = 1,5 *км* за секунду, каб прыстаць да пазаземнай станцыі.

Далей, скорасць, з якой зоркалёт павінен пакінуць пазаземную станцыю для дасягнення, напрыклад, арбіты Месяца, вылічым паводле формулы (14), уявіўшы адпаведны эліпс, які ахапляе арбіту станцыі і датыкаецца знутры арбіты Месяца:

$$v_L = v_c \sqrt{2 - \frac{6{,}66}{33{,}5}} = v_c \sqrt{1{,}8} = 1{,}34 \times v_c\ .$$

У звязку з тым, што скорасць станцыі (v_c) раўняецца 3,1 *км*, дык шуканая скорасць = 1,34 × 3,1 = 4,1 *км*.

Гэта ўсяго на 300 метраў меншая за тую скорасць, якая патрэбна тут для поўнага вызвалення ад земнага прыцяжэння

$$(3{,}1 \times \sqrt{2} = 4{,}4\ км).$$

Калі прыняць пад увагу, што сама станцыя-спадарожнік уладае скорасцю ў тым-жа кірунку, дык для дасягнення Месяца з пазаземнай станцыі, патрэбна будзе толькі дадатковая скорасць у 4,1 — 3,1 = 1 *км* за секунду. Адпаведныя адносіны $\frac{M_i}{M_k}$ мас набітай і ненабітай ракет, пры скорасці выцякання газу—4000 *м*, раўняюцца

$$\frac{M_i}{M_k} = e^{\frac{1000}{4000}} = e^{0{,}25} = 1{,}28\ .$$

Маса гаручага павінна складаць менш $\frac{1}{3}$ масы ракеты пасля ўзрывання. Нават калі мы жадаем, каб зоркалёт мог звярнуцца на пазаземную станцыю, г. зн. каб ён захаваў запас гаручага, якога хопіць для тармажэння (0,28 канчатковай масы), мы павінны забяспечыць яго спачатку запасам гаручага, які складае толькі 0,4 вагі ўсёй набітай ракеты. Адсюль відавочная велізарная выгада стварэння пазаземнай станцыі ў сэнсе палягчэння ўсіх іншых задач зоркаплавання.

6. Ціск унутры гарматнага ядра.

Нам давядзецца карыстацца толькі двума формуламі роўна паскоранага руху, іменна:

1) Скорасць v у канцы t-ай секунды раўняецца at; дзе a—паскарэнне:

$$v = at.$$

2) Прастора S, якая пройдзена ў працягу t секунд, вызначаецца формулай:

$$S = \frac{at^2}{2}\ .$$

Паводле гэтых двух формул лёгка вызначыць (зразумела, тольні прыблізна) паскарэнне ядра, калі яно ляцела ў канале гіганцкай гарматы Жуль Верна.

Нам вядома з рамана даўжыня гарматы—210 *м*: гэта і ёсць пройдзены шлях S. Раманіст указвае і скорасць ядра пры выхадзе з гарматы: 16000 *м*. Даныя гэтыя дазваляюць нам вызначыць перш за ўсё велічыню t—працяжнасць руху знарада ў канале гарматы разглядаючы гэты рух як роўнамерна-паскораны). Сапраўды:

$$v = at = 16.000,$$

$$210 = S = \frac{at \cdot t}{2} = \frac{16.000 \cdot t}{2} = 8000\ t,$$

$$\text{адкуль}\ t = \frac{210}{8000} = \text{каля}\ \frac{1}{40}.$$

Значыць, выходзіць, што ядро ляцела ўнутры гарматы ўсяго саракавую частку секунды.

Паставіўшы $t = \frac{1}{40}$ у формулу $v = at$, маем

$$16\,000 = \frac{a}{40},\ \text{адкуль}\ a = 640\,000\ \text{м}.$$

Значыць, паскарэнне ядра пры руху ў канале раўняецца 640 тысяч *м* за секунду, г. зн. у 64 тысячы разоў больш за паскарэнне сілы земнага цяжару.

Якой-жа даўжыні павінна быць гармата, каб паскарэнне гэта было ўсяго ў 20 разоў большае за паскарэнне цяжару (г. зн. раўнялася 200 *м*)?

Гэта—задача, адваротная той, якую мы толькі што развязалі. Даныя: $a = 200$ *м*; $v = 11000$ *м* (пры адсутнасці супраціўлення атмасферы такая скорасць дастатковая).

З формулы $v = at$ маем: $11000 = 200\ t$, адкуль $t = 55$ секундам.

З формулы $S = \frac{at^2}{2} = \frac{at \cdot t}{2}$ атрымліваем, што даўжыня гарматы павінна раўняцца $\frac{11.000 \times 55}{2} = 302500$ *м*, г. зн. круглым лікам каля 300 *км*.

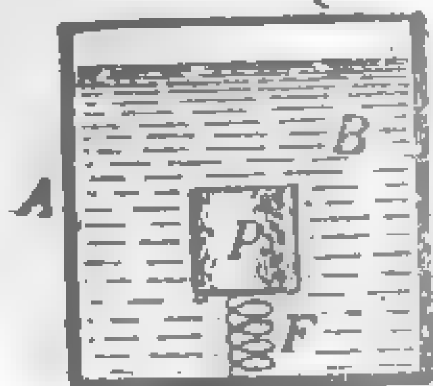
7. Невагомасць свабодна падаючых цел.

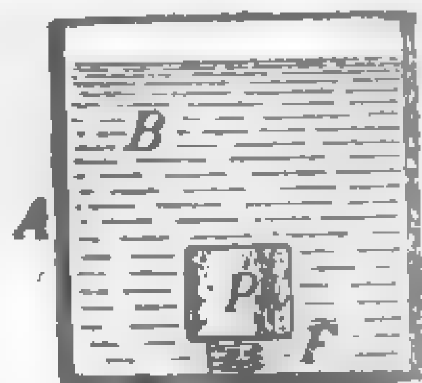
Палажэнне, што свабодна падаючае або кінутае ўгару цела нічога не важыць, здаецца многім настолькі нязвычайным і не спадзяваным, што яго гатовы прыняць за фізічны сафізм (вывад праўдападобны, але няправільны). Да рэчы будзе, з гэтага повады, указаць на некалькі доследаў, якія могуць пацвердзіць правільнасць гэтага цвярджэння.

Першы дослед падобнага роды, наколькі мне вядома, быў выканаы славутым Лейбніцам. Ён прывешваў да чашкі вагаў досыць доўгую трубку з вадою; на паверхні вады зьмяшчаў металічны шарык, які быў пусты ўнутры і закрыты. Устанаўляў раўнавагу, потым адчыняў адтуліну шарыка, які плаваў, шарык напаўняўся вадою і падаў уніз. У час руху шарыка адпаведны бок вагі рабіўся лягчэйшы, чашка з рознавескамі перацягвала („Гісторыя фізікі" Фішэра).

Цэлы рад доследаў падобнага рода быў выкананы каля 1892—1893 гг. вядомым фізікам прафесарам Н. А. Любімавым. З гэтых дасціпных доследаў—пра якія дзіўным чынам забыліся [1]),—укажам наступныя:

1) Маятнік з цвёрдым стрыжнем, які прывешаны да вертыкальнай дошкі, адхіляецца ў бок і ўтрымліваецца ў гэтым палажэнні штыфтам. Калі дошцы з гэтым маятнікам даюць свабодна падаць, выняўшы штыфт, які ўтрымлівае маятнік, дык апошні застаецца ў адхіленым палажэнні, не выкрываючы імкнення хістацца [2]).





Рыс. 53. Скасаванне закона Архімеда ў падаючай сістэме (адзін з доследаў праф. Н. А. Любімава).

2) Да такой-жа дошкі прымацоўваюць шкляную трубку ў нахіленым палажэнні: уверсе трубкі кладуць на яе скошаны беражок цяжкі шарык, які ўтрымліваецца штыфтам. У момант падання дошкі штыфт прымаюць, але шарык застаецца ўверсе трубкі, не падаючы ў яе сярэдзіну.

3) На той-жа дошцы ўмацоўваюць магніт, а пад ім на палачку кладуць жалезную палоску (якар) на такой адлегласці, каб магніт не мог яе падняць. У час падання дошкі з магнітам і якарам апошні прыцягваецца магнітам.

4) Закон Архімеда траціць сваё значэнне пры паданні сістэмы. Уявім сабе, што ў пасудзіну з вадою пагружаны корак (гл. рыс. 54). Спружына ўтрымлівае яго ў вадзе, не гледзячы на ціск вадкасці знізу ўгару, падпарадкуючыся якому корак усплыў-бы ўгару. У час падання пасудзіны з коркам гэтага ціску знізу ўгару няма (бо ціск вадкасці абумоўлены ў даным выпадку яе вагомасцю), і корак апускаецца ўніз (Н. А. Любимов. „К физике системы, имеющей переменное движение").

Аднаначым яшчэ адну цікавую з'яву: вадкасць з пасудзіны ў падаючай сістэме, пад ціскам большым за атмасферны, выцякае прамалінейным струменем, без парабалічнага выгінання.

---

1) У рускіх кнігах (не лічачы вельмі рэдкай цяпер брашуры самога Н. А. Любімава і яго артыкулаў у часопісах) я не знайшоў спамінання аб гэтых доследах, і толькі ў нямецкім творы Г. Гана „Physikalische Freihandversuche" сустракаецца апісанне некаторых з іх. Карыстаючыся выпадкам, каб з удзячнасцю адзначыць, што першым указаннем на прыналежнасць апісаных далей доследаў праф. Н. А. Любімаву я абавязаны ласцы праф. А. В. Цынгера.

2) Гэта з'ява ўлічваецца пры пабудове для ліфтаў і клецяй (у шахтах) бяспечных прыстасаванняў, якія павінны аўтаматычна пачаць дзейнічаць у выпадку разрыва пад'ёмнага каната.—*Я. П.*

„З'явы таго-ж парадку—піша Н. А. Любімаў у памянёнай вышэй брашуры—могуць наглядацца, у вядомай ступені, не толькі пры свабодным паданні сістэмы, але і ў сістэме, якая коціцца ўніз па нахіленай роўніцы або якая гойдаецца. Доследы з сістэмай, якая коціцца па нахіленай роўніцы або якая гойдаецца, могуць быць зроблены тым больш зручна, што наглядальнік сам можа змясціцца ў гэтых сістэмах (каціцца з гары, гойдацца на гойданках) і сачыць за з'явай. Няма асаблівай цяжкасці пабудаваць і свабодна падаючую сістэму са змешчаным у ёй наглядальнікам, паклапаціўшыся, каб падаючая сістэма—напрыклад кашолка на перакінутай праз блёк вяроўцы—дасягала зямлі без штуршка, са страчанай ужо скорасцю“ [1]).

Пытанне гэта—не гледзячы на элементарнасць—амаль не закранаецца ні ў падручніках, ні ў большасці агульнадаступных кніг па фізіцы. З гэтага поваду ўкажам некалькі твораў, у якіх яно разглядаецца з таго або іншага боку (пачынаем з больш папулярных):

В. Л. Розенберг, Первые уроки физики. 1914. [2]).
Я. М. Перельман, Занимательная физика, 1931.
К. Э. Циалковский, Грезы о земле и небе. 1895.
Н. А. Любимов, Из физики системы, имеющей переменное движение. 1893.
Герман Ган, Физические опыты. Рускі пераклад у выданні „Физика любителя“. 1911, ч. I, § 48. Сила тяжести.
А. Поспелов, Об относительной потере веса тел в падающей системе. 1913.
Яго-ж, Мир переменной весомости тел.

Апроч таго з іншага пункта погляда пра гэта-ж трактуецца ў многіх кнігах, якія прысвечаны агульнаму прынцыпу адноснасці.

8. На ракеце праз акіян

Артыкул д-ра мед. В. Шлера, які далей падаецца, быў змешчаны ў нямецкім навуковым часопісе „Die Umschau“ у лістападзе 1928 года. У выглядзе справаздачы карэспандэнта друку аб першым рэйсе ракетнага самалёта з Еўропы ў Амерыку, які нібы адбыўся ў 1938 г., аўтар малюе будучы ракетны пералёт праз акіян. У арыгінале артыкул называецца „За 26 мінут у Амерыку. Справаздача нашага спецыяльнага карэспандэнта“.—Пераклад зроблены з нязначнымі скарачэннямі.

---

1) У 90-х гадах XIX века падобная будова была прапанована (але, здаецца, не выконвалася) у Францыі, у якасці забаўкі для аматараў моцных адчуванняў; камера з наведвальнікамі павінна была падаць з высокай вежы ў басейн з вадою; пагружаючыся ў ваду, камера затрымлівае свой рух, спыняецца і потым усплывае.—*Я. П.*

2) Адпаведны артыкул В. Л. Розенберга ўвайшоў у складзеную мною „Физическую хрестоматию“ (1924 г.), вып. I.

„Стратасферны[1]) палёт прадстаўнікоў друку вызначаны быў на сёння ў 13 гадзін. Мы прыбылі на Тэмпельгофскі аэрадром, дзе нас сустрэлі члены прэзідыума Саюза Зоркаплавання, якія пазнаёмілі нас з асаблівасцямі ракетнага палёта. Апарат, прызначаны для стратасферы, выглядам сваім нагадвае звычайныя грамадзянскія самалёты і адрозніваецца ад іх толькі памерамі і таўшчынёй нясучых роўніц, унутры якіх пабудаваны кабіны для пасажыраў. Між кабінамі змяшчаецца ракетны апарат з выводнай трубой, якая звернута адтулінай назад. На самалёце ўстаноўлена таксама ракетная група, якая глядзіць адтулінамі ўперад: яна служыць для тармажэння пры спуску. Ёсць і пара прапелераў, якія пры старце машыны ўзнімаюць яе на пэўную вышыню, перш чым пачне працаваць спіртакіслародная ракета.

Мы атрымалі тлумачэнні наконт больш важных прадметаў абсталявання стратаплана,—напрыклад, апаратаў для здабывання і ачышчэння штучнага паветра, для апалу і г. д., якія нагадваюць адпаведнае абсталяванне падводнай лодкі. Уваходныя дзверы зачыняюцца герметычна, а ў час палёта завінчваюцца зусім. Акно кабіны таксама шчыльна прылягае да сцяны; шкло свінцовае, цёмна-карычневае. Такое акно прапускае толькі крыху дзённага святла, так што кабіна, не гледзячы на ясны сонечны дзень, асвятлялася электрычнымі лямпамі. Сцены і столь мякка абабіты з сярэдзіны скурай, падлога пакрыта коркавай масай. На столі, на сценах, каля лавак ёсць шматлікія раменныя петлі, трымаючыся за якія мы будзем перасоўвацца ў стане невагомасці. Асабліва цікавы лаўкі, якія пабудаваны ў кабіне ўпоперак кірунку палёта; гэта ўгнутыя мяккія канапы, над якімі нацягваецца сетка. Пры значным паскарэнні і шпаркім тармажэнні апарата вельмі важна, каб усе прадметы былі прымацаваны нерухома, а багаж быў шчыльна ўкладзены ў мяккія скрынкі, якім надзейна зачыняюцца.

Да самых ракетных апаратаў нас не дапусцілі, затое мы агледзелі памяшканне для пілота, якое, аднак, мала адрознівалася ад пабудовы знаёмай нам паводле звычайных самалётаў, калі не лічыць вагароў для пуску і ўключэння ракетнай групы. Заслугоўваюць спамінання ўмацованы тут дынамаметр для вымярэння велічыні паскарэння і замаруджання, потым актынаметр для вымярэння кароткахвалевага выпраменявання і прымацаваныя на знешняй сцены асобныя тэрмометры для вымярэння нізкай тэмпературы стратасферы.

У час тлумачэнняў і агляда настала 20 мінут 13-й гадзіны; мы пачалі прывязваць наш багаж, знайшлі нашы ложкі, накрыліся сеткамі і надзейна замацавалі іх кручкамі. Без 30 секунд 13 гадзін прагучэў сігнальны звон, праз 10 секунд—другі і я з моцным біццём сэрца чакаў старту. Роўна а 13-й пачулася ў гучнагаварыльнік каманда:

— Адплываем!

---

[1]) Стратасферай завецца слой атмасферы вышэй за 15 кіламетраў.—*Я. П.*

Аднячасна данеслася гудзенне прапелераў, якія ўзнімалі апарат з зямлі. Мы ляцелі так мінуты са тры, калі прагучэў трэці сігнальны звон. Пачулася неймавернае сіпенне, і я раптам быў прыціснуты з страшэннаю сілаю да майго ложку. Я ледзь не абамлеў ад гэтага ўзмоцненага ціску. Кроў стукала ў вушах; здавалася, мяне перамог нейкі волат. Сіла, з якой напірала на мае грудзі сетка, перашкаджала мне свабодна дыхаць, пот выступіў на ілбе, а звязка ключоў у кішэні адчувальна ўціскалася ў сцягно. Касцюм адразу зрабіўся надзвычайна цесным, сарочка сціскала тулава. Я зрабіў спробу рухаць членамі: рука, якой я хацеў узяць кішэнны гадзіннік,—бо тыя секунды, што прайшлі, здаваліся мне занадта доўгімі,—адразу абцяжэла; здавалася яна важыла цэнтнер (100 кг). Пацеючы і крахчучы, я ледзь мог дастаць свой гадзіннік. Але, не прывыкшы да ўзмоцненага цяжару, я захапіў яго вельмі слаба: ён з сілаю вырваўся з маёй рукі, саскаўзнуў праз ячэйкі сеткі, разарваў ланцужок і гучна ўдарыўся аб супроцьлежную сцяну. Збянтэжаны, я адмовіўся ад далейшых спроб да руху і аддаў сябе на волю лёсу.

Раптам пачало моцна калоць у абсягу жывата. Я натужыў усю волю, каб не паддавацца болю,—як раптам сіпенне ракеты сціхла. Зараз яшчэ мяне прыціскала да сеткі канапы—цяпер-жа я, як тэнісны мяч, адляцеў да супроцьлежнага боку майго ложку. У мяне было адчуванне, нібы я падаю з высокай гары ў бяздонне, і калі я зноў авалодаў сваімі пачуццямі, я моцна трымаўся рукамі за сетку. Апарат усё яшчэ здаваўся падаючым, і кожную секунду я са страхам чакаў, што ракета ўдарыцца аб хвалі Атлантычнага акіяна.

Гучнагаварыльнік перадаў голас камандзіра:

— 20 мінут поўнай невагомасці. Пасажыры могуць адшпіліць сеткі і рухацца свабодна. Трымайцеся пастаянна за пасы, каб ні аб вошта не ўдарыцца і не выцяць адзін другога.

Я перажываў дзіўнае адчуванне бесцялеснасці, якога яшчэ ніколі не перажываў, нібы плаваў пад вадою і страціў свядомасць таго, дзе верх і дзе ніз. Закруцілася галава; здавалася, уся кабіна ціха верціцца вакол мяне. Я адчуў патрэбу пакінуць свой ложак і стаць на ногі. Спешна адшпіліў я сваю сетку, каб стаць на падлогу—і раптам заўважыў, што свабодна лунаю ў прасторы.

Неспадзявана, як спрактыкаваны плавец, падплыў да мяне ў паветры паслугач стратаплана і спрытна ўхапіўся за адзін з пасаў вакол майго ложку. Яго з'яўленне выклікала ў маёй памяці фізічныя законы, якія адносяцца да стану невагомасці; разам з тым раптам зніклі ўсё няпрыемныя адчуванні, і прачнуўся жывы інтарэс да акаляючых з'яў. Пакуль паслугач быў заняты тым, што лавіў адломкі майго гадзінніка, якія лунала ў прасторы, я падцягнуўся да акна кабіны. Калі мы былі на Зямлі, дзённае святло ледзь прабівалася праз цёмнае шкло,—тут-жа я бачыў бліскучае Сонца, якое вісела белым распалёным шарам на чорным небе. Вакол самога Сонца ззяла безліч зорак, а недалёка відаць быў серп маладога месяца. У свабоднай ад пылу стратасферы выразна відаць і неасветленая Сонцам частка дыску Месяца, якая заліта адбітым

святлом Зямлі. Яркае Сонца сляпіла мяне; яно зацямняла святло электрычных ламп у кабіне і рэльефна асвятляла яе ўнутранасць.

Гадзіннік паказваў 13 гадзін 12 мінут. Мы знаходзіліся на вышыні 50 кіламетраў над земнай паверхняй. Знадворная тэмпература была 54° ніжэй нуля; ціск паветра—толькі 1 *мм* іртутнага слупа. Хоць электрычнае апальванне было выключана, у кабіне было досыць цёпла дзякуючы таму, што звернутая да Сонца знешняя паверхня стратаплана была цьмяна-чорная, энергія прамянёў Сонца паглыналася і праводзілася ў сярэдзіну кабіны. Падрабязнасці земнай паверхні адсюль не адрозніваліся: пад стратапланам зьзяла толькі асветленае Сонцам туманная абалонка Зямлі.

Настаў час снедання, але яго на жаль нельга наладзіць на стратаплане. Хоць прасоўванне праглынутай яды ў страваходзе ўтвараецца перыстальтычнымі рухамі, але ва ўмовах невагомасці ўзнікае небяспека, што яда, асабліва вадкая, трапіць „не ў тое горла“, г. зн., у дыхальнае горла, адкуль у лёгкія і выкліча тут запаленне. Пасля таго, як у час спробнага палёта такое няўдалае глытанне каштавала жыцця машыністу, яда і піццё ў стратаплане былі безумоўна забаронены. Забарона мае яшчэ і другую падставу: хлебныя крошкі, кроплі вады, усякага рода пыл у асяроддзі без цяжару не садзяцца ўніз, а носяцца ў паветры; неасцярожнасць аднаго пасажыра можа зусім засмеціць паветра для дыхання; давялося-б апранаць асобыя маскі і спешна фільтраваць паветра, каб затрымаць хоць-бы частку пылу.

Я даведаўся, ці не становіць для нас небяспекі „пранікальнае“ выпраменяванне Кольхерстэра[1]). Праўда, Кольхерстэр сам растлумачыў, што гэта кароткахвалевае выпраменяванне нават у стратасферу пранікае ўжо ў такой мізэрнай колькасці, што шкоднае дзеянне іх на чалавечы арганізм вельмі мала праўдападобна. Але ўсё-ж пасажыры стратаплана не зусім забяспечаны ад кароткахвалевага выпраменявання сусвета, бо яно дзейнічае на фатаграфічную пласцінку ў касеце падобна рэнтгенавым прамянём. З гэтай прычыны для вокан нашай кабіны і набыта свінцовае шкло, якое да некаторай ступені затрымлівае кароткахвалевыя прамяні.

У 13 гадзін 24 мінуты па гучнагаварыльніку пачулася каманда „Вярнуцца да сваіх коек і накрыцца забяспечнымі сеткамі“. Пачалося сіпенне тармазных ракет. Гэтым разам мне ўдалося лёгка перанесці дзве няпрыемныя мінуты ўзмоцненага цяжару. Няшчасны выпадак, сведкам якога мне давялося быць, скараціў для мяне гэты прамежак часу, які здаваўся доўгім. Прадстаўнік спартыўнага друку, сам палкі спартсмен, недааацаніў, як відаць, небяспекі ўзмоцненага цяжару: ён адшпіліў сетку, каб адчуць гэты стан на нагах. Штучны цяжар у нашым апараце быў у 4 разы мацнейшы за нармальны—напружанне, якое можна пераносіць толькі лежма. Ледзь пачалося сіпенне ракет, як спартсмен ухапіўся за пас. Я хацеў

[1]) Касмічныя прамяні або прамяні Гесa (якія часта называюцца таксама прамянямі Мілікена).—*Я. П.*

яго перасцярэгчы,—але мой крык спазніўся: умоцнены цяжар выклікаў прыліў крові да ніжняй часткі яго цела, твар з кожнай секундай рабіўся ўсё бялей, ён выпусціў пас, як страла паляцеў на суседнюю сценку і застаўся там нерухомы.

Тормазныя ракеты спынілі сваю работу, наш апарат зніжаўся, памяншаючы рэшту скорасці дзеяннем асобных рулёў. Світло, якое пранікала скрозь вокны, зноў пачало тускнець і цямнець, і пасля кароткага планавання мы плаўна спусціліся на Зямлю. Было 7½ гадзін раніцы паводзе амерыканскага часу.

У нумары гасцініцы я хутка накідаў гэту справаздачу і—новая сенсацыя!—данясенні нашы будуць а 12-й гадзіне дню перакінуты ў Германію на Оберт-Гадардавай паштовай ракеце; яны прыбудуць у 6½ гадзін сярэдне-еўрапейскага часу".

9. [illegible] ракеце на Месяц.

Апавяданне прафесара Г. Оберта.

Ніжэй падаецца з кнігі Г. Оберта „Шляхі да зоркаплавання" урывак, які становіць сабою навукова-фантастычнае апавяданне аб пералёце на Месяц. Яно дае наочны малюнак таго, як, на думка карыфея зоркаплавання, будзе адбывацца міжпланетавае падарожжа.

...Ракетай павінен быў кіраваць інжынер Мюлер, мне-ж даручана было рабіць астранамічныя назіранні.

У лютым 19** года ракета была гатова і названа „Месяцам".

Каб выпрабаваць яе органы кіравання і рэгіструючыя апараты, яна была пушчана без пасажыраў на вышыню 4200 *км*. Усе ракеты гэтага тыпа пабудаваны так, што могуць узнімацца і без пілота. Адбылося гэта вось чаму. Спачатку будаваліся толькі маленькія апараты, якія могуць узнімаць карыснага груза $^1/_2$—1 *кг*. З прычыны таго, што іх даводзілася, канечна, пускаць без пілота, дык патрэбна было вынайсці прыстасаванні, якія забяспечваюць захаванне ракетай належнага курса—напрыклад, турок, які кантралюе палажэнне руля, і г. д. Прыстасаванні гэтыя ўтрымаліся потым і на буйных ракетах, бо аказалася мэтазгодным зняць з пілота клопаты аб шмат чым такім, што ён мог-бы выканаць і сам; карысна вызваліць рукі для астранамічных назіранняў; да таго-ж машына працуе больш халоднакроўна і выразна, як чалавек.

Першы непасажырскі пад'ём прайшоў здавальняюча, і ў пачатку сакавіка Мюлер узняўся ў ракеце на 5000 *км*, каб праверыць яе здольнасць кіравацца пілотам... Ён знайшоў мяне і паведаміў, што прапануе ў сярэдзіне чэрвеня зрабіць аблёт вакол Месяца.

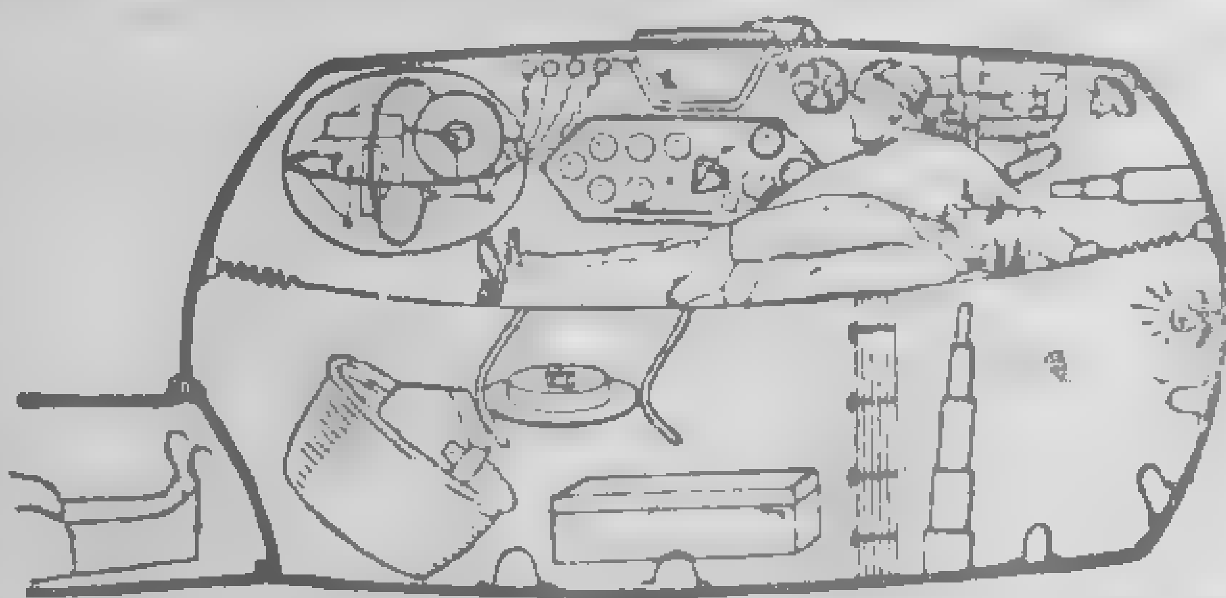
Пачаліся падрыхтаванні да падарожжа. Каб прывучыць пасажыраў да ўзмоцненага ціску, іх саджалі ў кабіну, якая пры дапамозе металічнага вагара 200—400 *м* даўжыні прыводзілася ў кругавы рух.

Да сярэдзіны чэрвеня я быў ужо падрыхтаваны настолькі, што мог зрабіць пад'ём на „Месяц". У маі я адправіўся ў Індыю, бо мы павінны былі ўзняцца з Індыйскай затокі. У пачатку чэрвеня мне давялося ўпяршыню ўбачыць наш „Месяц". Гэта было прыгожае збудаванне 35 *м* у даўжыню і 10 *м* у папярочніку. Яна складалася з адной спіртовай і двух вадародных ракет, якія разлічаны так, што ў выніку дасягалася скорасць 15 *км* за секунду. Зразумела, дастатковай была пачатковая скорасць усяго ў 11 *км*. Але, па-першае, максімальная скорасць набываецца ракетай не адразу, а толькі праз 5 мінут, прычым супраціўленне паветра і земны цяжар крадуць 1 *км* скорасці.

Па-другое, карысна мець у запасе некаторую колькасць гаручага, каб уплываць на палёт ракеты, калі яна адхіліцца ад шляху.

12 чэрвеня прыбыў „Тагор" з грузам гаручага для нашага падарожжа. Мы селі на параход, узялі „Месяц" на буксір і адплылі.

14 раніцай „Тагор" спыніўся, і мы ўзяліся за напаўненне ракеты. Спачатку праз рэзервуары ракеты прапускаўся свежа-выпараны вадарод, каб ахаладзіць іх сценкі. Калі-б вадкі вадарод быў адразу наліты ў рэзервуары, металічныя сценкі іх мабыць, трэснулі-б, як трэскаецца гарачая шклянка, у якую наліваюць халодную ваду. Да палавіны адзінаццатай наша ракета была пакрыта тоўстым слоем лёду і дастатковa ахаладжана, каб можна было яе напоўніць. Тоўстыя шлангі працягнуліся ад парахода да ракеты,—спачатку да спіртовай, потым да вадародных. „Месяц", які да гэтага часу плытка плаваў на вадзе, стаў заднім канцом апускацца ў ваду, выступаючы наперадзе.


Рыс. 55. У каюце ракетнага карабля пры адлёце.

У 11 г. 5 мінут напаўненне было скончана. Мюлер і я залезлі ў каюту ракеты, зачыніўшы за сабою герметычна дзверы. Унутры было не зусім цёмна: праз перыскопы пранікала крыху святла. Я зірнуў у адзін з іх і ўбачыў наш „Тагор", які аддаляўся вельмі шпарка. Ён спяшаўся выйсці з зоны моцнага хвалявання і смерчаў, якія выклікаліся выцякаючымі газамі ракеты.

Мюлер стаў зазіцца каля сцяны. Пачулася слабае металічнае гудзенне і запалілася маленькая электрычная лямпачка.

— Пускаю ў ход нашу дынамамашыну, якая працуе, зразумела, на вадародным матору,—сказаў Мюлер.—Так. А цяпер пусцім у ход рулявыя гіраскопы. Калі мы адпраўляемся?—спытаў ён мяне.

— У 11 гадзін 30 мінут 46 секунд ракета павінна быць на вышыні 1230 *км* і мець секундную скорасць 10700 *м*. Магчыма гэта?

Мюлер зірнуў на паказальнік паскарэння.

— Зразумела,—адказваў ён.— Памажэце мне крыху пры апаратах. Мы павінны зняцца з месца ў 11 гадзін 25 мінут 30 секунд.

Пра 5 мінут мы падрыхтавалі апараты і пусцілі ў ход вялікія помпы спіртовай ракеты. Заставалася толькі запаліць газ у камеры згарання. Мы дасталі койкі, падвесілі іх да сярэдзіны каюты і ляглі на іх.

Металічныя сценкі рэзервуараў пры тэмпэратуры вадкага вадароду зрабіліся цвёрдыя як шкло. Ледзь закіпелі звадкаваныя газы, як пачуўся звон нібы сотні званіц. Хваляванне мора калыхала нас. У 11 гадзін 25 мінут газы пад намі закіпелі мацней; ракета дрыжэла. Яшчэ праз 24 секунды адчуўся штуршок. Электрычны запальнік быў уключаны, і ракета ўзнялася з вады.

Праз некалькі секунд вакол захрумстала, нібы рака вызвалялася ад лёдавых ланцугоў. Гэта трэснула, дзякуючы асобаму механізму, лёдавая кара, якая абцягвала ракету, і ўпала ў мора. І дакладна ў 11 гадзін 25 мінут 30 секунд, секунда ў секунду, наша ракета пачала свой палёт.

Узмоцнены цяжар прыціснуў мяне да вісячай койкі. Немагчыма было-б у гэты момант стаяць на нагах. У перыскоп заўважыў я кратэрападобнае паглыбленне ў вадзе мора, якое было акружана вянком белай пены: гэта было месца, куды ўдараў струмень газаў, якія выцякалі з нашай ракеты. Праз 25 секунд мы праносіліся ўжо праз воблачнае пакрывала хмарак, а яшчэ праз мінуту я ўбачыў на гарызонце вяршыні Гімалаеў, хоць мы знаходзіліся ад іх за тысячу кіламетраў. Прайшла мінута—і зарад спіртовай ракеты быў вычарпаны; гэта частка нашага „Месяца“ была адкінута, а з ёю і першая абалонка, якая абцягвала ракету.

Цяпер пачала прававаць ніжняя вадародная ракета. Яна дрыжэла, і нам здавалася, што мы знаходзімся на спіне гіганцкай жывёлы, якая імкнулася ад нас вызваліцца. Нагадвала ўздыхі страшыдла таксама пыханне помпаў, якія нагняталі гаручае ў распыляльнік. Аднойчы дэюзы выпусцілі нават глухое, хрыплае рыканне, ад якога ўсё ў каюце затрэслася і зазвінела. Але Мюлер здолеў усё зноў упарадкаваць.

Праз 2 мінуты вышлі запасы гаручага і ў гэтай ракеце; пачала працаваць верхняя вадародная ракета, ад якой у большай ступені залежаў поспех прадпрыемства, чым ад першых двух. Няспраўнасць першых ракет абумовіла-б тое, што карабель не паляцеў-бы на Месяц і ўпаў-бы назад у мора; няспраўнасць-жа трэцяй ракеты ставіла на карту наша жыццё. Нездарма лепшыя інжынеры і механікі Германіі працавалі над ёю амаль цэлы год. Гэта было свайго рода цуда тэхнікі. Ракета працавала дасканала. У мяне ўжо не было адчування, што я знаходжуся на целе, якое рухаецца паскорана. Я адчуваў сябе толькі абцяжэлым і нібы ўпічыльненым.

Праз 2 мінуты былі зрасходваны запасы і гэтай ракеты, а яшчэ праз 2 секунды ўсякае адчуванне вагомасці знікла. Я лунаў свабодна ў сярэдзіне каюты.

— Значыць, згорнем койкі і размесцімся больш зручна,—сказаў Мюлер.

Мы згарнулі койкі і Мюлер прывёў у дзеянне прыстасаванне, якое адкінула верхнюю абалонку ракеты. Каюта асвятлілася мноствам акон.

Я быў збіты з панталыку выглядам, які адчыніўся перада мною.

Я лунаў у сярэдзіне ракеты, і нязначнага плавальнага руху было досыць, каб прывесці мяне ў пажаданае месца. Толькі цяпер заўважыў я рад раменных поручаў, якія былі на сценах. Не трымаючыся за іх, нельга было-б заставацца нерухомым.

Сонечнае святло багата лілося праз вокны. Але здаваліся яны не светлымі, а чорнымі, і нібы выпраменьвалі холад, між тым як там, куды проста падалі прамяні сонца, хутка рабілася амаль горача. Гэта таму, што сонца не асвятляе пустаты сусветнай прасторы.

Бліскучым дыскам вісіць яно на зусім чорным небе. Засланіўшы рукою вочы ад сонца, я пачаў паступова адрозніваць на небе асобныя зоркі. Неба было не цёмна-сінім, як у нашы цёмныя ночы (на поўдні), а карычневым, як закураны фарфур. Здавалася, мы лунаем у цэнтры неабсяжнай сферы, на адным баку якой круглілася Зямля, якая займала каля трэцяй часткі неба. У другім баку блішчэла сонца, якое было акружана своеасаблівым ззяннем у форме няправільнага чатырохвугольніка. Гэта так званая „задыякальнае святло“,—з'ява, якая абумоўлена, мабыць, надзвычай дробнымі пылінкамі, што лятаюць вакол сонца. Засланяючы рукою Сонца, я мог адрозніваць і праменні сонечнай кроны, якая была відаць на Зямлі толькі ў моманты поўнага сонечнага зацмення. Недалёка ад Сонца відаць быў, нібы з цмянага шкла, дыск Месяца. Ён быў звернуты да нас сваім начным бокам і асвятляўся Зямлёю. Гэта быў першы выпадак, калі я бачыў месяц у фазе маладзіка.

Аднак, мы не заставаліся без работы. Над каютай, пад складзеным парашутам у нас захована была вялікая ўвагнутая люстра, якую мы і прыстасавалі ў якасці аб'ектыва тэлескопа. Маленькая падзорная труба ў каюце служыла акулярам. Мы абышліся ў гэтым выпадку без вялікай трубы і цяжкай устаноўкі, бо невагомыя часткі нашага тэлескопа захоўвалі належнае ўзаемнае палажэнне без асобых прыстасаванняў. Мы дасяглі павялічэння ў 100 тысяч разоў пры поўнай адсутнасці паветра, якое скажае вобраз.

— Нядрэнна было-б вам апрануцца ў вадалазны касцюм і прагуляцца са мною па-за ракетай,—сказаў Мюлер.

Мы апранулі нашыя „вадалазныя“ касцюмы, якія былі зроблены з гумы і абцягнуты металічнымі абручамі для аховы ад разрыву ўнутраным ціскам. Шлем быў зроблен напалову з празрыстай масы, якая дазваляла глядзець ва ўсе бакі. На спіне ў нас быў рэзервуар са сціснутым паветрам, які быў разлічаны на 1—1½ гадзіны дыхання. Паветра якое выдыхалася, ішло ў трубку з едкім каліем, які паглынаў вуглякіслы газ (і рабіў яго зноў прыдатным для дыхання). Але мы маглі таксама выпускаць яго праз асобы клапан

на двор, атрымліваючы пры гэтым адваротны штуршок; дзякуючы гэтаму мы мелі магчымасць перасоўвацца ў пустаце. Каб забяспечыць сабе зварот у каюту, мы прывязаліся да яе шнурамі. У шнуры былі ўплецены тэлефонныя правады; дзякуючы гэтаму мы маглі перамаўляцца не гледзячы на тое, што ў пустой прасторы гук не распаўсюджваецца.

Мюлер пачаў тлумачыць мне знешнюю будову нашай кабіны.

— Кабіна, як бачыце, з аднаго боку пакрыта чорнай паперай. Вам вядома, што Сонца не грэе пустой прасторы; затое награюцца ўсе целы, якія асвятляюцца сонечнымі праменнямі, прычым паверхні чорныя награюцца мацней за светлыя. Аднак, чорныя паверхні і больш выпрамянёўваюць цяпла. З прычыны таго, што нам тут не досыць цёпла, мы паварачваем кабіну чорным бокам да сонца, а светлым—да цені. Калі нам давядзецца з цягам часу наладзіць падарожжа ў вобласці, больш блізкія да сонца, мы зробім наадварот. Такім чынам мы можам мець у кабіне заўсёды тую тэмпературу, якую пажадаем. Вокны нашай каютызачыняюцца люстранымі вакеніцамі, каб абараніць нас ад запалення вачэй, якое няўхільна, калі падлягаеш беспарапыннаму дзеянню сонечных прамянёў. Апроч таго гэта дапаможа нам, калі мы апынёмся ў цяньку буйнага нябеснага цела: мы скінем тады чорную паперу і засловім вокны бліскучымі вакеніцамі. Знаём вам прынцып тэрмаса?

Рыс. 56. Касцюм для экскурсіі у беспаветраную прастору.

— Зразумела: пасудзіна з бліскучымі сценкамі акружана пустой прасторай; праз цеплаправоднасць яна не можа траціць цяплыні, бо ў пустаце няма матэрыі, якая здольна яе праводзіць. Шляхам выпраменявання цяплыня таксама не можа трацiцца ў прыметнай колькасці, бо люстраная паверхня дрэнна выпрамянёўвае энергію. У выніку тое, што знаходзіцца ў тэрмасе, застаецца гарачым.

— Вельмі добра; тое самае адбываецца і тут: кабіна з бліскучымі сценкамі акружана пустой сусветнай прасторай... Зірнеце, аднак, на гадзіннік, мне ён адсюль не відаць. Каторая гадзіна?

— Палова першай. Пара вызначыць наша месцапалажэнне.

— Вельмі добра, а я займуся абедам. Значыць залазім назад у каюту!

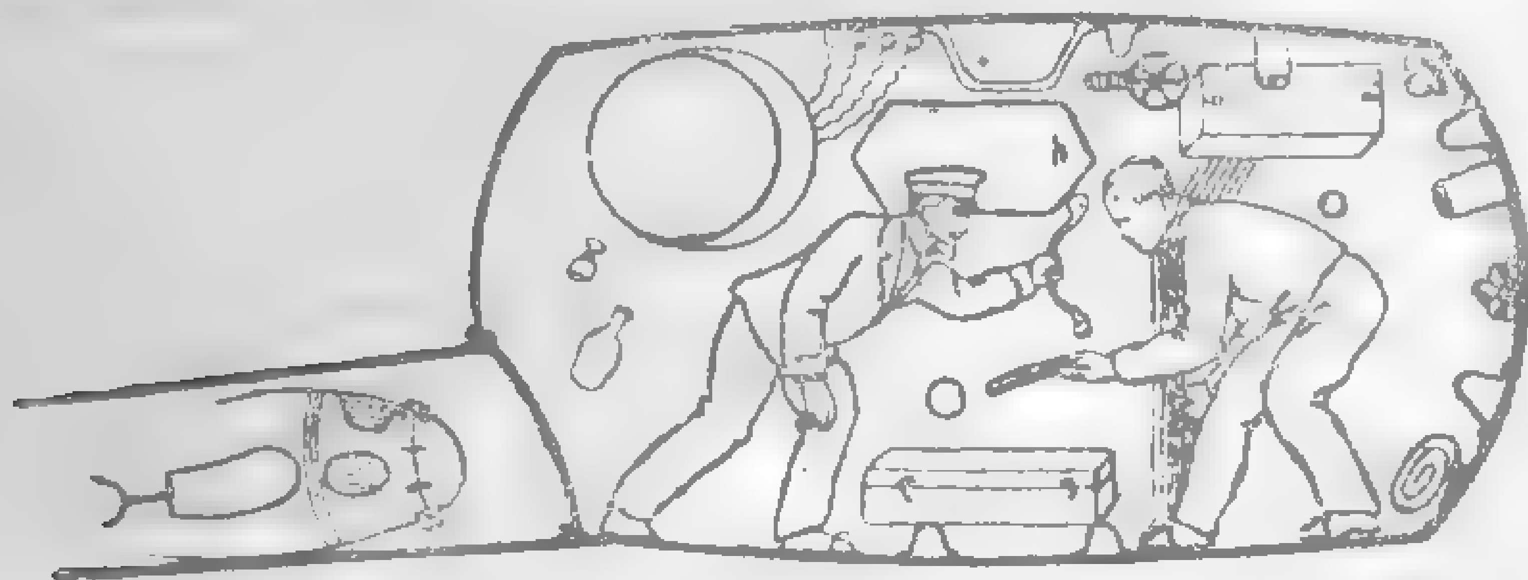
Зямля хутка памяншалася. Цяпер яна здавалася дыскам з чырвонымі краямі, аблямаваным блакітнай палоскай. Над полюсамі луналі кронай палярныя ззянні. На густа чорным фоне неба, якое было засыпана зоркамі, рэзка выдзяляліся сінія моры, цёмна-зяленыя трапічныя краіны, жоўтыя пустыні, чорныя тундры, светла-зялёныя стэпы, белыя палярныя вобласці. А над імі луналі снежна-белыя воблакі.

Але я не мог доўга любавацца ўсім гэтым. Трэба вызначыць наша месцапалажэнне, бо цяпер самы зручны час выправіць шлях ракеты. Я ўзяў у рукі табліцы, дзе было наперад вылічана палажэнне і бачныя размеры Зямлі для кожнага моманту падарожжа, і ўстанавіў, што наша планета займае якраз тое палажэнне і мае тую вуглавую велічыню, якія былі наперад вылічаны. Значыць, мы ляцелі правільна. Потым я праверыў спраўнасць нашых рэгістравальных апаратаў.

Узяліся за абед. Суп давялося не есці лыжкамі з талерак, а высосваць праз алюміневую трубку з шарападобных пасудзін...

Пасля абеда Мюлер дастаў з скрынкі пляшку і прыставіў яе рыльцам да маіх губ.

— Гэтак піць нязручна, Мюлер. Хіба вы не ўзялі чарак?



Рыс. 57. Дослед з вадою ва ўмовах невагомасці.

— Чаркі то ёсць, але як вы іх напоўніце?

— Як-небудзь ды наллю.

— Паспрабуйце ваш спосаб на пляшцы з вадою.

Я нахіліў пляшку. Вада не цякла. Ад прыкрасці я страсянуў пляшку—выскачыла вада, вада ўдарылася аб чарку, зноў адскочыла і разбілася на дробныя шарыкі, якія насіліся па каюце натыкаючыся на сцены, адскоквалі назад, рассыпаючыся на больш дробныя кроплі. Уся каюта нібы роем камароў напоўнілася кроплямі.

— Вы занадта пагарачыліся. Вось як я раблю,—сказаў Мюлер.

Ён змачыў пясць левай рукі некалькімі кроплямі і, трымаючы мокрыя пальцы каля рыльца пляшкі, патрасаў ёю пры дапамозе правай рукі, адводзячы яе ў той-жа час павольна назад. Мне здавалася, што ён дастае з пляшкі вадзяны шар. Калі ён прыняў рукі, перад ім сапраўды лунаў шар вады.

— Падобнасць нябеснага цела,—абвясціў Мюлер і наблізіў да шара эбанітавы грэбень, які быў папярэдне наэлектрызаван аб сухія валасы: шар выцягнуўся ў форме эліпсоіда і паплыў да грэбеня.

... Я „лёг спаць“. Гэта трэба разумець так, што я завіс на двух поручах, засунуўшы ў іх руку і нагу. Пасы, зразумела не ўрэзаліся ў маё цела, бо я быў невагомы.

Калі я прачнуўся ў 4 гадзіны, Мюлер ужо быў знадворку ў сваім вадалазным адзенні і рабіў доследы з электрычнымі прамянямі. Я забыўся спамянуць, што аднача́сна з нашай ракетай у сусветнай прасторы ляцела яшчэ і другая, якая звязалася з намі сігналізацыяй.

Я ўзяўся за сваю работу. Месяц рана было яшчэ наглядаць, але я мог добра бачыць у гэты дзень Марс і Юпітэр.

У 9 гадзін увечары я зачыніў вакеніцы і прымайстраваўся адпачываць. Слова „вечар" трэба разумець умоўна, бо наша палажэнне адносна сонца ані не змянілася. Мы не складалі цяпер часткі Зямлі, мы былі самастойным нябесным целам. Вечар наступаў не ў нас, а ў тым пункце зямлі, адкуль мы паляцелі.

Да вечара трэцяга дня (г. зн. вечар быў тады ў Індыі) ракета наблізілася да месяца на адлегласці 50 тысяч кіламетраў. Мы адрознівалі вузкі, асветлены сонцам серп, які рос, і пашыраўся на нашых вачах. Я мог устанавіць, нарэшце, што мы знаходзімся на 500 кіламетраў бліжэй да Месяца чым належыла. Памылку няцяжка было выправіць, надаўшы ракеце паскарэнне (у кірунку да Зямлі) у 1,35 метра за секунду. Манеўр гэты заняў усяго 1 мінуту, але пакінуў у мяне ўражанне, ад якога я ня мог вызваліцца да самага канца падарожжа. Да гэтага часу Зямля была ўнізе, а Месяц уверсе збоку. І раптам—Зямля апынулася ўверсе, а Месяц унізе збоку, ракета-ж пры гэтым ані не павярнулася, ды і я не павярнуўся: усё засталося як было да гэтага часу. Чаму-ж у мяне ўзнікла такое адчуванне? Гэта было нібы сон. Ты не паварочваешся, свет таксама не паварочваецца—і ўсё ж ты адчуваеш, што знаходзішся зусім не ў тым палажэнні, у якім быў да гэтага часу! Прычыны ілюзіі—штучны цяжар, абумоўлены паскарэннем. Зямля апынулася для мяне зноў „унізе" толькі тады, калі наша ракета, звярнуўшыся на Зямлю, пачала гойдацца ў водах акіяна.

10. Міжпланетавая сігналізацыя.

У сувязі з пытаннем аб магчымасці міжпланетавых зносін, цікава закрануць і другую натуральна звязаную з ім тэму—міжпланетавых зносін пры дапамозе аптычных або іншых сігналаў. Абмяжуемся тут кароткай даведкай.

Упершыню ў сур'ёзнай форме пытанне гэта было высунута ў дваццатых гадах XIX века славутым германскім матэматыкам Гаусам. Нямецкі астраном Груітуйзен, палкі прыхільнік засельнасці Месяца разумнымі істотамі, выкладаў праект Гауса так:

„Вось асноўная ідэя Гауса: трэба паказаць жыхарам Месяца тую геаметрычную пабудову, пры дапамозе якой звычайна даказваецца тэарэма Піфагора. Сродак—культура земнай паверхні дзенебудзь на вялізарнай раўніне. Каб намаляваць геаметрычныя фігуры, трэба карыстацца контрастам між цёмнымі палосамі лясоў

і залаціста-жоўтымі плошчамі зерневых палёў. Гэта можна зрабіць у краіне, дзе жыхары толькі часова карыстаюцца зямлёй, якая апрацоўваецца, і, значыць лёгка падпарадкоўваюцца ўказанням. Такім чынам выкананне данай мыслі не патрабавала-б надзвычайных затрат. Гаус гаварыў аб гэтым вельмі сур'ёзна. Ён надумаў яшчэ адзін спосаб завязаць зносіны з насельнікамі Месяца. Спосаб гэты у прыстасаванні геліятропа,—прыбора, які вынайдзены Гаусам і можа служыць не толькі для вымярэння вуглоў з вельмі доўгімі бакамі, але і для перадачы сігналаў. На думку Гауса, няма нават неабходнасці складаць з люстраў велізарную адлюстравальную паверхню; досыць вядомага ліку добра навучаных людзей, з самымі звычайнымі люстрамі. Трэба ўлучыць час, калі жыхары Месяца напэўна пазіраюць на Зямлю,—напрыклад, калі наша планета пакрывае Венеру. Люстры адкідаюць святло ў кірунку да Месяца. Каб жыхары Месяца даведаліся пра наша існаванне, трэба перарываць гэтае святло праз роўныя прамежкі часу; гэтак можна паведаміць ім лікі, якія маюць вялікае значэнне ў матэматыцы. Зразумела, каб гэтыя знакі прыцягнулі ўвагу, трэба выбраць адпаведны дзень, калі яркасць святла, што адлюстроўваецца геліятропам, будзе асабліва вялікая. Гаус аддаваў перавагу матэматычным знакам таму, што ў нас і ў жыхароў далёкіх светаў могуць быць агульнымі толькі асноўныя матэматычныя паняцці".

Спроб ажыццявіць гэты праект не рабілася.

У 1890 годзе многа і жвава абмяркоўвалася пытанне аб зносінах пры дапамозе аптычных сігналаў з дапушчальнымі жыхарамі Марса. Пры такім настроі розумаў некаторыя заўважаныя на Марсе з'явы былі прыняты за светлавыя сігналы. „Якраз у той час, калі палкія розумы стараліся вынайсці сродкі, каб наладзіць зносіны між планетамі, некаторыя назіральнікі, узброеныя вельмі моцнымі тэлескопамі, заўважылі своеасаблівыя светлавыя выступы на граніцы асветленай і начной палавін Марса. Выступы гэтыя трымаліся вельмі доўга, каб іх можна было палічыць за ланцуг воблакаў; здавалася, абшырныя вобласці планеты пачыналі свяціцца, ледзь толькі над імі спускалася ноч... Для многіх не заставалася ніякага сумнення, што тут мы бачым агнёвыя знакі з гэтага далёкага света. На жаль, гэта не пацвердзілася: Кемпбел вельмі зразумелым чынам вытлумачыў з'яўленне гэтых светавых выступаў, як вялізныя горныя вобласці (якія заліты сонечным святлом)... У 1892 і 1894 гг. светлыя месціны нагледаліся зноў. Яны з'яўляліся заўсёды ў пэўных месцах, іменна толькі ў тых жоўтых вобласцях, якія астраномы лічаць за мацярыкі. Кемпбел дае наступнае тлумачэнне гэтай з'яве: „Марс знаходзіўся ад нас на адлегласці 63 мільёнаў кіламетраў. Мы маглі браць павялічэнні ў 350—520, і планета набліжалася да нас на адлегласць у 180 тысяч *км* і 120 тысяч *км*. Адлегласць Месяца ад нас удвая—утрая большая. Аднак, мы можам простым вокам бачыць на мяжы дзённай і начной палавін светлыя выступы, якія ўтвараюцца горнымі ланцугамі і вялікімі кратэрамі" (В. Мейер, „Мироздание"). Падобнае назіранне і гутаркі паўтараліся

і ў снежні 1900 г., калі амерыканскі астраном Дуглас заўважыў на Марсе яркую пляму, якая трымалася ў працягу гадзіны.

У цяперашні час зноў пачалі гаварыць аб праектах аптычнай сігналізацыі на Марс, абапіраючыся на сучасныя пражэктары, якія концэнтруюць вялізарныя колькасці святла.

Магутныя пражэктары нашых авіяцыйных маякоў сапраўды перавышаюць тое, аб чым можна было толькі марыць пятнаццаць год таму назад. Святло, якое імі адкідаецца, яркасцю ў мільярд свечак, відаць простым вокам на адлегласці 300—400 *км*. Калі-б такі маяк быў на Месяцы, мы маглі-б убачыць яго святло ў нашы тэлескопы. Натуральна мысль выкарыстаць падобныя прылады сучаснай асвятляльнай тэхнікі, каб пасласць вестку аб сабе на Марс. Як зрабіць, каб марсіяне зразумелі гэты сігнал і надалі яму тое значэнне, якое мы жадаем укласці—іменна дэманстрацыі разумнасці земных жыхароў? Можна, прытрымліваючыся праекта Гауса, размясціць яркія крыніцы святла так, каб яны ўтварылі пэўную геаметрычную фігуру, напрыклад, чарцёж тэарэмы Піфагора. Калі марсіяне сапраўды настолькі разумныя, як мы дапускаем (інакш ня варта, бадай, з імі і наладжваць зносін), яны здагадаюцца адказаць нам чарцяжом другой тэарэмы,—напрыклад, месячыкаў Гіпакрата.

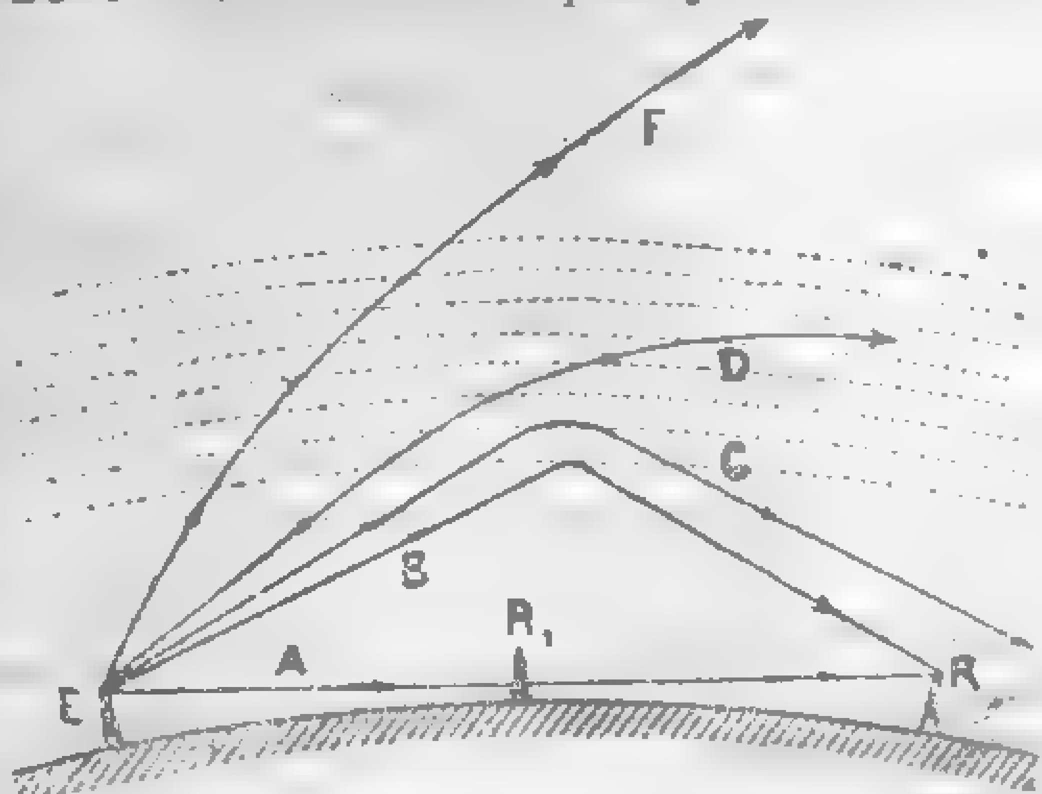
Цвярозы разлік не пакідае, аднак, ніякай надзеі на ажыццяўленне гэтых вабных магчымасцяй. Каб земны чарцёж можна было ўбачыць на Марсе ў тэлескопы нашай, прыкладна, сілы, трэба надаць яго лініям таўшчыню кіламетраў у 20, а самы чарцёж разгарнуць на прасторы цэлай дзяржавы. І,—што горш за ўсё,—яркасць крыніц павінна вылічацца не мільярдамі свечак, а дзесяткамі трыльёнаў...

Калі гэтак, дык ці нельга скарыстаць у якасці крыніцы святла само сонца, адбіваючы яго прамяні вялізарнымі люстрамі, якія пабудаваны дзе-небудзь ў Сахары, або ў Бразіліі? Аднак, давялося-б надаць гэтаму люстру неймаверныя размеры: яно павінна быць у дзесяткі кіламетраў папярочнікам. Гэта, па-першае, другое пярэчанне больш сур'ёзнае. Прыхільнікі гэтага праекта забываюцца на тое, як размешчаны ў адносінах адна да другой абедзве планеты ў пэрыяд найбольшага набліжэння. Бо тады Зямля і Марс знаходзяцца па адзін бок ад Сонца, на адной прамой лініі з ім. У гэтыя моманты Зямля якраз звернута да Марса сваёй начной палавінай, і мы можам адкінуць сонечныя прамяні куды хочам, толькі не на Марс...

Вынаходства бяспровадкага тэлеграфа накіравала думку аб міжпланетавых зносінах на новы шлях. Асабліва многа гаварылася аб гэтым у канцы 1900 года, калі славуты амерыканскі электратэхнік Цесла паведаміў, што яму ўдалося заўважыць загадкавыя электрычныя сігналы пры ўтварэнні доследаў на вялізнай вышыні. „Цесла наглядаў—чытаем мы ў англійскім навуковым часопісе 1901 года—на спецыяльныя прыборы паўторныя электрычныя ваганні, прычына якіх выклікала шмат розных здагадак. Ён прышоў да думкі, што яны абавязаны сваім паходжаннем токам, якія ідуць ад планет, і цяпер лічыць, што было-б зусім магчыма пры дапамозе ўдаскана-

ўенага апарата звязанца з іх жыхарамі". Далей, згодна слоў Цесла, паведамлялася, што ён бярэцца за пабудову апарата, які дасць магчымасць паслаць на Марс колькасць энергіі, якая будзе дастатковай для ўздзеяння і на электрычныя прыймальнікі, накшталт тэлеграфаў і тэлефонаў. „Я не сумняваюся,—пісаў Цесла,—што пры дапамозе належным чынам пабудаванага апарата магчыма перасланць энергію на іншыя планеты, напрыклад, на Марс і Венеру, нават пры найбольшым іх аддаленні ад Зямлі. Мой метод дасць практычнае вырашэнне пытання перадачы і атрымання паведамленняў з планет". Аднак гэта меркаванне ніякіх вынікаў не мела, і выкліканая заявай Цэсля жвавая палеміка ў друку неўзабаве спынілася [1]).

Ажыўленне інтарэсу да гэтай праблемы настала зноў толькі ў самыя апошнія часы. У 1920 і 1922 г. шмат разоў адзначаліся выпадкі прыняцця радыёстанцыямі такіх сігналаў, для якіх, паводле некаторых меркаванняў, цяжка дапусціць земнае паходжанне; гэта акалічнасць—у звязку з тым, што сігналы наглядаліся якраз у эпохі найбольшай блізкасці Марса да Зямлі, пабудзіла шукаць станцыю адпраўлення загадковых сігналаў іменна на гэтай планеце.



Рыс. 58. Дзеянне пласта Хівізайда на радыёхвалі. Доўгія хвалі, якія пасланы са станцыі E, адхіляюцца да зямлі (ED, EC, EB). Кароткія хвалі (шлях EF) пранікаюць праз пласт Хівізайда ў сусветную прастору.

У 1920 г. у Анды (Паўднёвая Амерыка) былі накіраваны лепшыя радыётэхнікі кампаніі Марконі з асабліва чуллівымі прыймальнікамі, якія былі настроены на даўжыню хвалі 300 *км* (чамусці меркавалася, што марсіяне працуюць іменна на гэтай хвалі). Але ніякіх сігналаў прынята не было. „Усе прыборы,—гаварыла афіцыйнае паведамленне,—якія былі настроены на даўжыню хвалі ў 300 тысяч *м*, не выявілі ніякіх азнак радыёхваль у момант знаходжання Марса на бліжэйшыя адлегласці ад Зямлі". Такая-ж безрэзультатная была экспедыцыя самога Марконі ў Міжземнае мора для таго, каб улавіць мяркоўныя сігналы (таксама і 1920 г.), і спробы прыняць сігналы Марса на 24-лампавы прыймальнік у часе „вялікага супроцьстаяння", 1924 г.

Не было недахопу і ў праектах адваротнага сігналізавання па радыё—з Зямлі на Марс. У тым, што марсіяне маюць радыёпрыймальнікі ў аўтараў праектаў не ўзнікала сумнення. Цяжкасці былі

[1]) Гэтыя толькі аб сігналах з планет знайшлі сабе, між іншым, водгук у рамане Уэлза „Першыя людзі на Месяцы".

толькі ў тым, каб дасягнуць узаемнага разумення людзей абодвух планет. Досыць вядомы нямецкі фізік-папулярызатар Ганс Домінік у сваёй кніве „У цудоўным свеце тэхнікі“[1]) прапануе ажыццявіць узаемнае разуменне наступным чынам:

„Мы маглі-б, напрыклад,—піша Г. Домінік—пратэлеграфаваць у прастору велічыні бакоў першых Піфагоравых трохвугольнікаў,—скажам лікі 3, 4 і 5, таму што $3^2+4^2=5^2$. З боку тых істот, якія мысляць і матэматычна адукаваны, можна было-б спадзявацца толькі аднаго адказу на такую тэлеграму, а іменна лікаў 5, 12 і 13 таму, што $5^2+12^2=13^2$. Такі адказ зразу ўстанавіў-бы між абодвума планетамі кантакт. Простыя Піфагоравы лікі маглі-б ужо з'явіцца повадам дамовіцца наконт асобных знакаў для паняццяў плюс, мінус, роўнасць. Наступным крокам было-б устанаўленне якой-небудзь агульнай сістэмы каардынат. Уладаючы ёю, можна было-б пры дамове простых лікавых тэлеграм абменьвацца рознымі вобразамі. Ужо праз некалькі тыдняў пасля ўстанаўлення такой сувязі, мы маглі-б тут мець здымкі жыхароў Марса“.

Пакідаючы ў баку фантастычныя магчымасці, разгледзім, якія фізічныя і тэхнічныя цяжкасці стаяць на шляху да ажыццяўлення радыёсувязі з планетамі на практыцы.

Перш за ўсё трэба адзначыць, што хоць на земнай паверхні для сучаснага радыётэлеграфа больш не існуе ўжо неперамoжных адлегласцяй, перадавацца *ўверх* электрычныя хвалі могуць бесперашкодна ўсяго толькі на сотню або на дзве кіламетраў. Справа ў тым, што на вышыні 50—200 *км* знаходзіцца пласт разрэджанай атмасферы, які адрозніваецца ад пластоў ніжэйляжачых значнай электраправоднасцю. Такі пласт—так званы „пласт Хівізайда“—непразрысты для электрычных хваль вялікай і сярэдняй даўжыні: ён часткова адбівае электрычныя прамяні, што падаюць на яго, назад, часткова паглынае іх, не выпускаючы надвор. Гэты экран, які ахапляе непранікальнай абалонкай увесь земны шар, празрысты да некаторай ступені толькі для электрычных прамянёў, якія накіраваны да пункта зеніту,—але энергія паслабленых хваль, што пранікаюць праз зенітнае акенца, вельмі мізэрная, каб прымусіць працаваць апараты аддаленых станцый. Толькі хвалі карацей за 10 *м* могуць пранікаць праз пласт Хівізайда і пакідаць нашу планету. Але тут для перадачы сігналаў на Марс узнікае новая перашкода. Дапусцім,—дзеля ўнясення пэўнасці ў задачу,—што чуллівасць марсавых прыймальнікаў аднаго парадку з чуллівасцю самых дасканалых земных апаратаў; тады для пасняховай перадачы сігнала на Марс патрэбна была-б, згодна вылічэнняў спецыялістаў, радыётэлеграфная станцыя не менш, чым у 20 мільёнаў кілават... Успомнім, што самая моцная радыёстанцыя света ўладае магутнасцю ў 100 кілават.

Падобныя цяжкасці мабыць узніклі-б і для жыхараў Марса, калі-б яны пажадалі ўстанавіць радыёсувязь з намі—іх электрычныя хвалі, якія ўжо пранікл праз пласт атмасферы Марса, павінны

---

[1]) Рускі пераклад у выданні ГИЗ, 1925 г., апошні раздзел кнігі.

былі-б адбіцца ад непранікальнай для электрычных прамянёў знешняй абалоўкі нашай атмасферы.

Праблема міжпланетавай сігналізацыі пры бліжэйшым разглядзе куды больш цяжкая для вырашэння, чым здаецца на першы погляд. І самая галоўная цяжкасць нават не ў тых тэхнічных перашкодах, аб якіх тут гаворыцца. Самая важная перашкода ў тым, што ўсякая сігналізацыя—ці то аптычная, ці электрычная, ці якая-небудзь іншая—дапускае існаванне адрэсата, які мог бы прыняць і зразумець гэту сігналізацыю. Пакуль няма цвёрдай упэўненасці ў існаванні такога адрэсата, сігналізацыя амаль напэўна прызначана на няўдачу. І як не дзіўна гэта гучыць—больш праўдападобна, што людзі калі-небудзь самі прыляцяць на Марс, чым што яны атрымаюць адказ на сваю міжпланетавую тэлеграму.

11. Людзі і кнігі.

Сучасныя дзеячы зоркаплавання і іх працы.

За граніцай.

Гердт Бірман (Германія).
Gerd Biermann, Bremen.

Афіцэр „Паўночна-Германскага Лойда", аўтар невялікай кнігі „Плаванне ў сусветнай прасторы? Кароткі разгляд праблемы" (Weltraumschiffahrt? Eine Kurze Studie des Problems. Bremen 1931). Агульназразумелае і тымчасам цалкам навуковае ўкладанне асноўных пытанняў зоркаплавання.

Макс Валье (Германія).
Max Valier[1])

Лётнік і астраном, адзін з самых актыўных прапагандыстаў ідэі зоркаплавання, які практычна працаваў у галіне рэактыўнага руху. Загінуў 17 мая 1929 г. пры пуску вынайдзенай ім ракеты з вадкім зарадам, 34 гады ад роду. Аўтар папулярнай і вельмі багатай зместам кнігі „Ракетная язда і лятанне" („Raketenfahrt", 5 Auflage, 1928). Кароткі змест: Цяжкасці, якія трэба перамагчы. Нашы сродкі барацьбы. Ад сятлістай ракеты да ракетнага карабля. Тэхніка ракеты. Ракетная язда і палёт.

І. Вінклер (Германія).
Iohannes Winkler (Breslau).

Заснавальнік, рэдактар і актыўны супрацоўнік часопіса „Ракета" („Die Rakete"), дзе ім напісана значная частка артыкулаў. Выканаў некаторыя эксперыментальныя доследы над ракетамі і над дзеяннем узмоцненага цяжару на організм чалавека. Канструктар ракеты з вадкім гаручым, якая будуецца фірмай Юнкерс.

[1]) Нямецкае вымаўленне прозвішча Valier—Валье, італьянскае (Валье нарадзіўся ў Італіі) —Валір.

О. Гайль (Германія).
Otto Willi Gail (Tegernsee).
Інжынер, журналіст і раманіст, які прапагандуе ідэі прафесара Оберта (гл. ніжэй). З раду яго зоркаплавальных раманаў на рускую мову (а таксама на 12 іншых чужаземных моваў) перакладзены раман „Hans Hardts Mondfahrt“ („Месячны пералёт“, з прадмовай і пад рэдакцыяй Я. І. Перальмана. Ленінград, 1930). Пяру Гайля належыць і папулярная кніга „Сілай ракеты ў сусвет“ (Mit Raketenkrafr ins Weltenall, Stuttgart, 1928).

Ф. Гефт (Аўстрыя).
Franz von Hoefft (Wien)
Інжынер і журналіст, аўтар раду праектаў рэактыўных апаратаў рознага прызначэння. Старшыня венскага „Таварыства даследвання вышынь“.

Прафесар Гадард (П. Ш. А).
Robert H. Goddard (Worcester).
Буйнейшы работнік зоркаплавання на Захадзе. Выдатны амерыканскі вучоны, дырэктар фізічных лабараторый Універсітэта Кларка ў Варчэстэры. Яшчэ ў 1919 г. апублікаваў у звестках Смітсаніянскага Інстытута выдатнае даследванне аб ракетах пад назвай „Метад дасягнення крайніх вышынь“ (A Metod of Reaching extreme Alitudes).

Інжынер Вальтэр Гоман (Германія).
Dr-ing Walter Hohmann (Essen).
Аўтар работы „Дасяжнасць нябесных цел. Даследванне праблемы палётаў у сусветную прастору“ („Die Erreichbarkeit der Himmelskörper“), якая выдана ў Берліне ў 1925 г. Гэта—самае грунтоўнае даследванне па астранавігацыі.

Змест: Адлёт з Зямлі. Зварот на Зямлю. Свабодны палёт у сусветнай прасторы. Аблёт нябесных цел. Высадка на нябесныя целы.

Аўтар не закранае пытання канструкцыі касмічнага карабля, а разглядае толькі ўмовы плавання ў сусветнай прасторы, абапіраючыся на закон руху нябесных цел. Яму належыць матэматычная распрацоўка спосаба спуску ракеты на паверхню планет, якія акружаны атмасферай, з выкарыстаннем тармазнага дзеяння паветра, а таксама праекты нябесных маршрутаў для будучых касмічных караблёў (гл. раздз. XIV нашай кнігі). Твор Гомана разлічан на чытача, які мае добрую матэматычную падрыхтоўку.

Ф. Зандер (Германія),
Fr. W. Sander (Wesermünde).
Інжынер, выдатны аўтарытэт у тэхніцы порахавых ракет, кіраўнік ракетнай фірмы Cordes у Везермюндзе, ратавальныя морскія

ракеты якой маюць сусветную вядомасць. Доследы з ракетнымі аўтамабілямі 1928 г. рабілася пры яго бліжэйшым удзеле. У цяперашні час заняты пабудовай ракет з вадкім зарадам.

В. Лей (Германія).
Willy Ley (Berlin).
Навуковы журналіст, актыўны і таленавіты папулярызатар зоркаплавання, віцастаршыня германскага „Саюза зоркаплавання". Аўтар папулярнай кнігі „Палёт у сусвет" (Die Fahr ins Weltallt, 2 Auflage. Berlin, 1929), з прадмовай прафесара Оберта. Разам з Обертам, Гефтам, Гоманам, Зандэрам і іншымі ўдзельнічаў у складанні папулярнай калектыўнай працы „Магчымасць палёта ў сусветную прастору" (Die Möglichkeit der Weltenraumfaht, 1928).

Змест: У глыбінях сусветнай прасторы (В. Лей). Светы з насельніцтвам (В. Лей). Выабражальныя міжпланетавыя пералёты і фантазіі аб засельнасці светаў (К. Дэбуса). Асноўныя праблемы зоркаплавання (Г. Оберта). Гаручае для касмічных караблёў (Ф. Герта). Маршруты, працяжнасць пералётаў і спосабы пасадкі (В. Гомана). Станцыі ў сусветнай прасторы (Г. Оберта). Ад паветраплавання да зоркаплавання (Ф. Гефта). Нязбытныя шляхі ажыццяўлення міжпланетавых пералётаў (Г. Пірке). Ракета як рухавік (В. Зандэра).

Ф. Лінке (Германія).
Felix Linke (Berlin)
Астраном і папулярызатар. Аўтар дасціпна складзенай кніжкі „Ракетны касмічны карабель" (Das Raketenweltraumschiff, Hamburg 1928).

Р. Небель (Германія).
Rudolf Nebel (Berlin).
Інжынер, тэхнічны кіраўнік эксперыментальных работ германскага т-ва зоркаплавання.

Г. Ноордунг.
Hermann Noordung (псеўдонім).
Ваенны інжынер, аўтар вельмі змястоўнай папулярнай кнігі „Праблема падарожжаў у сусветнай прасторы" (Das Problem der Befahrung des Weltraums, Berlin 1929).

Прафесар Г. Оберт
Hermann Oberth.
Астраном і метэаралог, самы аўтарытэтны работнік зоркаплавання ў Германіі. Аўтар абшырнай навуковай працы „Шляхі да зоркаплавання" (Wege zur Raumschiffahrt, 3 Auflage. Berlin 1929).

Галоўныя аддзелы кнігі: І. Папярэднія звесткі. ІІ. Фізікатэхнічныя пытанні. ІІІ. Канструктыўныя пытанні. ІV. Магчымыя змены.

Гэты капітальны твор, які ахапляе ўсе тэарэтычныя і практычныя пытанні зоркаплавання, узнагароджаны прэміяй Французскага

Астранамічнага таварыства. Збудаваная прафесарам Обертам ракета з вадкім зарадам зараз апрабоўваецца на ракетадроме германскага таварыства зоркаплавання, старшынёй якога Оберт з'яўляецца.

Ф. Опель (Германія).
Fritz Opel (Rüsselheim).
Кіраўнік вядомай аўтамабільнай фірмы. У 1928 годзе (разам з М. Валье і Зандэрам) рабіў доследы з ракетнымі аўтамабілямі. Зрабіў адзін з першых палётаў на ракетаплане.

Роберт Эсно-Пельтры (Францыя).
R. Esnault-Pelterie, Paris.
Вядомы дзеяч французскай авіяцыі (вынаходца аэраплана REP), аўтар працы „Даследванне вышэйшых пластоў атмасферы, пры дапамозе ракеты і магчымасць міжпланетавых падарожжаў" („L'exploration par fusées de la tres haute atmosphère et la possibilité des voyages interplanetaires"), якая выдана ў Парыжы Французскім Астранамічным таварыствам у 1928 г.

Змест: Рух ракеты ў пустаце і ў паветры. Скарыстанне ракет для даследвання вышэйшых пластоў атмасферы або для міжпланетавага падарожжа. Неабходныя ўмовы для адпраўлення жывых істот. Навуковае значэнне наведвання іншых светаў.

Прадмет разглядаецца ў кнізе толькі з тэарэтычнага боку і апрацаваны матэматычна: пытанняў практычных, канструктыўных аўтар не закранае. Эсно-Пельтры належыць тэрмін „зоркаплаванне" („астранаўтыка"), які ўведзены—і ўхвалены К. Э. Цыалкоўскім—у рускую літаратуру Я. І. Перэльманам [1]).

Г. Пірке (Аўстрыя).
Guido von Pirquet, Wien.
Інжынер, тэарэтык зоркаплавання, які матэматычна распрацаваў маршруты раду міжпланетавых пералётаў. Даследванні яго друкаваліся ў 1928—1929 г. у часопісе „Die Rakete" пад агульнай назвай „Fahrtrouten".

У СССР.

Ветчынкін, Уладзімір Пятровіч (Масква).
Прафесар і інжынер. Тэарэтык зоркаплавання, які выступаў з дакладамі аб ракетным лятанні ў Маскве і Ленінградзе.

Гажала, Меркурый Васільевіч (Ленінград).
Кансультант і кіраўнік семінара па рэактыўным руху пры Ленгірдзе.

Граве, Сяргей Людвігавіч.
Лектар рабочых аўдыторый па пытаннях зоркаплавання. Аўтар апавядання для дзяцей „Падарожжа на Месяц" (Ленінград 1926), якое папулярызуе ідэі Цыалкоўскага.

---

1) Паведамленне нямецкіх аўтараў аб тым, што Пельтры ў 1912 г. рабіў у Пецярбурзе даклад аб зоркаплаванні—памылкова.

Кандрацюк, Юрый Васільевіч (Новасібірск).

Аўтар вельмі змястоўнага даследвання: „Завоевание межпланетных пространств“ Новасібірск 1929).

Змест: Прадмовы аўтара і В. П. Ветчынкіна. Даныя ракеты, формула нагрузкі. Скорасць выдзялення. Хімічны матэрыял. Працэс згарання. Канструкцыя камеры спальвання і выкідной трубы. Тыпы траекторый і патрэбныя ракетныя скорасці. Максімум паскарэння. Дзеянне атмасферы на ракету пры адпраўленні. Паглынанне скорасці звароту супраціўленнем атмасферы. Міжпланетавая база. Кіраванне ракетай. Агульныя перспектывы. Эксперыменты і даследванні.

Перэльман, Якаў Сідаравіч (Ленінград).

Папулярызатар і лектар па пытаннях зоркаплавання, аўтар гэтай кнігі, брашур „Ракетай на Луну“ (Масква 1930 г.) і „В мировые дали“ (Масква 1930 г.), а таксама шматлікіх артыкулаў, якія друкаваліся, пачынаючы з 1930 г., у газетах і часопісах і сістэматычна знаёмілі шырокія колы чытачоў з поспехамі зоркаплавання. Старшыня аддзела прапаганды Ленгірда.

Пранішнікаў, Васіль Язэпавіч (Ленінград).

Актыўны прапагандзіст ідэі зоркаплавання, лектар рабочых аўдыторый, які прачытаў з 1918 года ў Ленінградзе і іншых гарадах СССР звыш 600 папулярных лекцый па ракетным лятанні.

Разумаў, Уладзімер Васільевіч (Ленінград).

Карабельны інжынер і спецыяліст па дырыжаблябудаўніцтве. Старшыня праектнага аддзела Ленгірда, кіраўнік праектавання першай совецкай ракеты з вадкім гаручым.

Рынін, Нікалай Аляксеевіч (Ленінград).

Прафесар і інжынер. Аўтар абшырнай энцыклапедыі зоркаплавання, якая выходзіць пад агульнай назвай „Межпланетныя сообщения“ у 9 кнігах. Надрукавана 8 кніг: 1. Мечты, легенды и первые фантазии. 1928.—2. Космические корабли в фантазиях романистов. 1928.—3. Теория реактивного движения. 1929.—4. Ракеты. 1929.—5. Суперавиация и суперартиллерия. 1929.—6. Лучистая энергия. 1931.—7. К. Э. Циошковский 1931.—8. Теория космическога полета. 1932.—У рукапісе: 9. Астронавигация.

Родных, Аляксандр Аляксеевіч (Ленінград).

Гісторык паветраплавання і авіяцыі, аўтар папулярнай кнігі „Ракеты и ракетные корабли“ (рукапіс).

Цандэр, Фрыдрых Артуравіч (Масква).

Інжынер, тэарэтык зоркаплавання; канструктар і кансультант „Мосгірда“.

Форцікаў, Іван Пятровіч (Масква).

Кіраўнік і адказны сакратар „Мосгірда“; яго ініцыятыве і энергічнай дзейнасці гэта аб'яднанне абавязана сваім узнікненнем.

Цыалкоўскі, Канстанцін Эдуардавіч (Калуга).

Сусветна прызнаны патрыярх зоркаплавання, буйнейшы ў СССР тэарэтык ракетнага лятання, задоўга да Гадарда і Оберта матэматычна распрацаваў механіку рэактыўнага руху і ўстанавіў асноўныя тэарэтычныя прадпасылкі зоркаплавання. Яму належаць наступныя

друкаваныя работы па зоркаплаванні (выданыя ім самім ў Калузе): Ракета в космическое пространство, 1924 г. (Перадрук артыкула з часопіса 1903 г).—Исследование мировых пространств реактивными приборами, 1914 г.—Вне земли, 1920.—Космическая ракета. Опытная подготовка, 1927 г.—Космические ракетные поезда, 1929 г.—Цели звездоплавания, Новый аэроплан. За атмосферой Земли, 1929 г.—Звездаплавателям, 1930.—Реактивный аэроплан, 1930 г.

Шэршэўскі, Аляксандр Барысавіч (Ленінград).

Аўтар рада артыкулаў у спецыяльным друку па розных пытаннях зоркаплавання і асобна выданага ў Германіі твора: „Ракета для язды і палёта. Агульназразумелы ўступ у ракетную праблему (Die Rakete für Fahrt und Flug". Berlin 1929 г.).

Эйгенсон, Морыс Сямёнавіч (Ленінград),

Кансультант-астраном пры Ленгірдзе. Лектар і папулярызатар зоркаплавання.

Апроч пералічаных асоб, у СССР друкавалі артыкулы па пытаннях зоркаплавання наступныя аўтары [1]):

Праф. К. Л. Баев („Молодая гвардия", Масква).

А. А. Базилевский („Вестник Знания", Ленінград).

Праф. І. Барабашев („Знание", Харкаў).

С. Бессонов (Калуга).

Ю. Гекко („Красная Газета", Ленінград).

Праф. В.А. Костицын („Успехи современной науки", Масква).

Праф. В. А. Лапиров-Скобло („Правда", Масква).

Праф. С. В. Орлов („Жизнь и техника будущего", Масква).

А. Якобсон („Народный Учитель", Масква).

Таварыствы зоркаплавання.

З раду аб'яднанняў работнікаў ракетнага лятання, якія ўзнікалі на Захадзе і ў нас, у сучасны момант актыўна працуюць толькі тры:

1) У Германіі—„Verein für Raumschiffahrt", існуе з 1927 года. У працягу 1927—29 гг. саюз выдаваў друкаваны орган „Die Rakete". Цяпер неперыядычна рассылае свае паведамленні „Raketenflug". Налічвае звыш тысячы членаў. Старшыня—праф. Г. Оберт. Віцастаршыня—В. Лей; кіраўнік доследаў—інж. Р. Небель.

2) У СССР.—„Ленгірд". Ленінградская группа изучения реактивного движения" пры Бюро Паветранай Тэхнікі Асоавіяхіма. Існуе з канца 1931 г.

3) „Мосгірд"—падобнае-ж аб'яднанне ў Маскве, якое ўзнікла адначасна з Ленгірдам.

---

1) Карыстаюся выпадкам рассеяць непаразуменне, якое выклікана недастатковым знаёмствам замежных аўтараў. У нямецкай зоркаплавальнай літаратуры (у часопісе „Die Rakete" у кнігах Шэршэўскага, Валье ды інш.) робіцца спасылка на пулкаўскага астранома Г. А. Ціхава, як на аўтара абшырнага даклада аб проблеме зоркаплавання, прачытанага ім у Пецярбурзе ў 1916 г. Указанне гэта памылковае. Г. А. Ціхаў пытаннямі міжпланетавых падарожжаў не займаўся. Як відаць, яму прыпісалі даклад, які прачытаны мною (увосень 1913 г.) у многалюдным сабранні, дзе пулкаўскі астраном быў у складзе прэзідыума.

12. Падзеі і гады.

Кароткі летапіс зоркаплавання.

1881. Кібальчыч складае праект ракетнай лятальнай машыны.
1903. Цыалкоўскі публікуе ў „Научном Обозрении" асновы тэорыі ракетнага лятання („Исследование мировых пространств").
1911—12. У „Вестнике воздухоплавания" друкуецца другая частка „Исследования" Цыалкоўскага.
1912. 15 верасня Эсно-Пельтры чытае ў Французскім астранамічным таварыстве ў Парыжы даклад аб магчымасці міжпланетавых пералётаў.
1914. З'яўляецца дадатковая частка „Исследования" Цыалкоўскага.
1915. Выдаецца першая папулярная кніга па зоркаплаванні—„Міжпланетавыя падарожжы" Перэльмана.
1919. У Известиях Смитсонианского Института" у Вашынгтоне друкуецца даследванне Гадарда аб ракетах („Способ достижения крайних высот").
1920. Книга Цыалкоўскага „Вне Земли" (Калуга).
1923. Кніга Оберта „Ракета ў міжпланетавую прастору" (Мюнхен).
1924. Чуткі аб тым, што Гадардам рыхтуецца адпраўка ракеты на Месяц, прыцягваюць увагу шырокіх мас да ідэі зоркаплавання. У Маскве робіцца першая ў свеце спроба аб'яднання работнікаў ракетнага лятання.
1925. Кніга Гомана „Дасяжнасць нябесных цел" (Мюнхен).
1926. Цыалкоўскі выдае дапоўненае выданне свайго „Исследования мировых пространств".
1927. У Брэслаўлі пачынае выходзіць часопіс „Ракета". Ствараецца ў Германіі „Саюз зоркаплавання".
1928. Кніга Валье „Ракетны рух" (Мюнхен).
Кніга Шэршэўскага „Ракета для язды і лятання" (Берлін).
Кніга Эно-Пельтры „Магчымасць міжпланетавых падарожжаў" (Парыж).
Калектыўная праца Оберта, Гомана і інш. „Магчымасць міжпланетавых пералётаў" (Лейпцыг).
Першы выпуск энцыклапедыі зоркаплавання Рыніна „Межпланетные сообщения" (Ленінград).
Пры Франц. Астр. Т-ве ўстанаўляецца прэмія за работы па зоркаплаванні.
Доследы з ракетнымі аўтамабілямі ў Германіі.
Пад'ём Штамера на ракетаплане (11 ліпеня).
1929. Оберт будуе ракету з вадкім зарадам.
Доследы Валье з ракетнымі санямі.
Опель робіць палёт на безматорным самалёце з ракетай.
Першая ахвяра зоркаплавання: гібель Валье пры пусканні ракеты з вадкім зарадам (17 мая).

1929. Гадард у Амерыцы першы ў свеце пускае ракету з вадкім зарадам (17 ліпеня).
Кніга Оберта „Шляхі да зоркаплавання“.
Кніга Цыалкоўскага „Космические ракетные поезда“.
Кніга Ноордунга „Праблема пералётаў у сусветнай прасторы“ (Берлін).
Кніга Юр. Кандрацюка „Завоевание межпланетных пространств“ (Нова-Нікалаеўск).

1930. Вінклер бярэцца за пабудову ракеты з вадкім гаручым.

1931. Тылінг (у Оснабруку) робіць паспяховыя доследы з буйнымі порахавымі ракетамі (да 2 *м* даўжыні).
На ракетадроме „Саюза зоркаплавання“ пад Берлінам наладжваецца 350 доследаў з ракетай Оберта-Небеля (на вадкім гаручым).

З М Е С Т.

Міжпланетавыя падарожжы

Стар.

Дадаткі.

ЦАНА 1 р. 75 к.

НА БЕЛОРУССКОМ ЯЗЫКЕ

Я. И. Перельман

Межпланетные путешествия

Государственное Научно-Техническое
Издательство

Минск — 1933